



TUGAS AKHIR RC-14-1501

**PERENCANAAN MODIFIKASI JEMBATAN KALI  
LEGI MENGGUNAKAN BUSUR BAJA DENGAN  
LANTAI KENDARAAN DI TENGAH (*A HALF  
THROUGH ARCH*)**

EMILIA NUR APRIANI SUTISNA  
NRP. 3116105046

Dosen Pembimbing :  
Endah Wahyuni, S.T., M.Sc., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



**TUGAS AKHIR – RC14-1501**

**PERENCANAAN MODIFIKASI JEMBATAN KALI  
LEGI MENGGUNAKAN BUSUR BAJA DENGAN  
LANTAI KENDARAAN DI TENGAH (*A HALF  
THROUGH ARCH*)**

**EMILIA NUR APRIANI SUTISNA**

**NRP 3116 105 046**

**Dosen Pembimbing**

**Endah Wahyuni, ST., M.Sc., Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

**Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya 2018**



**FINAL PROJECT – RC14-1501**

**MODIFICATION OF BRIDGE DESIGN KALI  
LEGI USING A HALF THROUGH ARCH**

**EMILIA NUR APRIANI SUTISNA**

**NRP 3116 105 046**

**Academic Supervisor :**

**Endah Wahyuni, ST., M.Sc., Ph.D.**

**CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT**

**Faculty of Civil, Environmental and Geo Engineering**

**Sepuluh Nopember Institute of Technology**

**Surabaya 2018**

## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **PERENCANAAN MODIFIKASI JEMBATAN KALI LEGI MENGGUNAKAN BUSUR BAJA DENGAN LANTAI KENDARAAN DI TENGAH (*A HALF THROUGH ARCH*)**

#### **TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada**

**Program Studi S-1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihantan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

**EMILIA NUR APRIANI SUTISNA**

**NRP :3116105046**

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Endah Wahyuni, ST., M.Sc., Ph.D.



**SURABAYA  
JULI 2018**



# **PERENCANAAN MODIFIKASI JEMBATAN KALI LEGI MENGGUNAKAN BUSUR BAJA DENGAN LANTAI KENDARAAN DI TENGAH (*A HALF THROUGH ARCH*)**

**Nama** : Emilia Nur A.S

**NRP** : 3116 105 046

**Jurusan** : Teknik Sipil FTSP – ITS

**Dosen Pembimbing:** Endah Wahyuni ST., MSc., Ph.D.

## **Abstrak**

Jembatan Kali Legi yang berada di Kabupaten Blitar Jawa Timur merupakan akses utama transportasi menuju ke Malang, atau sebaliknya. Perencanaan awal jembatan ini merupakan jembatan dengan kontruksi gelagar beton prategang, dengan panjang total jembatan 325 meter. Dalam penulisan ini akan direncanakan Jembatan Kali Legi Blitar menggunakan sistem busur baja dengan lantai kendaraan di tengah (*A Half Through Arch Bridge*) 2 bentang 100 meter, dan 125 meter jembatan pratekan dengan 4 pilar.

Pada perencanaannya, di dapatkan tebal pelat lantai Kendaraan 20 cm. Profil gelagar memanjang yang digunakan yaitu WF 450 x 200 x 9 x 14 serta profil gelagar melintang WF 900 x 300 x 18 x 34. Selanjutnya tahap perhitungan struktur utama dan sekunder dilakukan dengan menghitung beban-beban yang bekerja sehingga didapatkan profil box untuk rangka utama jembatan busur. Setelah dilakukan perhitungan dan kontrol jembatan busur, direncanakan dimensi dari bangunan bawah jembatan (*pilar*). Digunakan pilar dengan 1 kolom pier serta kebutuhan tiang pancang 36 buah dengan panjang 20 meter . Hasil perhitungan dituangkan dalam gambar teknik standar.

***Kata kunci: Jembatan busur, Box Baja, Pilar, Tiang Pancang***

# **MODIFICATION OF BRIDGE DESIGN KALI LEGI USING A *HALF THROUGH ARCH***

**Name : Emilia Nur A.S**

**NRP : 3116 105 046**

**Department : Teknik Sipil FTSP – ITS**

**Major Supervisor : Endah Wahyuni ST., MSc., Ph.D.**

## **Abstrak**

Kali Legi Bridge located in Blitar Regency East Java is the main access of transportation to Malang, and otherwise. The first planning of this bridge is using construction of prestressed concrete girders, the length of this bridge is 325 meters. In this paper, the Kali Legi Blitar Bridge will be planned using a A Half Through Arch Bridge 2 span with total length 200 meters, and 125 meters prestressed bridge with 4 pillars.

The result of the calculating we got the thicknees of the slab is 20 cm, The main girder profile used was WF 450 x 200 x 9 x 14 and cross girder profile WF 900 x 300 x 18 x 34. Furthermore the calculation of the main and secondary structure was done by calculating the loads, so we can assume the profile box for the main frame of the bridge. After calculation and control of the bridge, planned dimensions of the building under the bridge (pier). Used pillar with 1 column pier and 36 pile with length 20 meter. The calculation results are poured in standard engineering drawings.

***Keywords: Arch Bridge, Steel Box, Pier, Pile Foundation***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas berkah, karunia, rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini yang berjudul Perencanaan Modifikasi Jembatan Kali Legi Menggunakan Busur Baja dengan Lantai Kendaraan di Tengah (*A Half Through Arch Bridge*) dengan baik dan tepat waktu. Proposal Tugas Akhir ini dibuat dengan tujuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik bidang studi struktur program studi S1 Jurusan Teknik Sipil Lintas Jalur FTSP ITS.

Dalam pengerjaan Proposal Tugas Akhir ini, banyak pihak yang telah membantu proses pengerjaan Proposal Tugas Akhir ini hingga selesai. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas bantuan pihak-pihak yang senantiasa membantu dan membimbing dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, terkhusus kepada:

1. Ibu Endah Wahyuni ST, Msc, PhD selaku dosen konsultasi proposal tugas akhir.
2. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS.
3. Orang Tua yang selalu turut mendoakan dalam lancarnya Tugas Akhir
4. Rekan – rekan mahasiswa serta semua pihak yang telah membantu penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran yang membangun dari pembaca akan penulis terima demi kebaikan untuk kedepannya. Semoga Tugas Akhir ini bisamemberikan manfaat, baik bagi penulis maupun bagi para pembaca.

Surabaya, Januari 2018

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Perencanaan.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Struktur Jembatan Busur.....	8
2.2.1 Tipe Jembatan Busur.....	9
2.2.2 Bagian-bagian jembatan pelengkung :.....	13
2.3 Sambungan.....	15
2.3.1 Sambungan Paku Keling.....	16
2.3.2 Sambungan Baut.....	16
2.3.3 Sambungan Las.....	18
2.4 Perencanaan Struktur Bangunan Bawah.....	21
2.4.1 Kepala Jembatan (Abutment).....	22
2.4.2 Pilar Jembatan (Pier).....	22
2.4.3 Pondasi.....	23
BAB III METODOLOGI.....	25
3.1 Umum.....	25
3.2 Diagram Alir.....	25
3.3 Pengumpulan Data.....	26
3.3.1 Data Umum Bangunan.....	27
3.3.2 Data Modifikasi.....	27
3.3.3 Data Gambar.....	27

3.3.4	Data Bahan .....	27
3.3.5	Studi Literatur .....	28
3.4	Preliminary Desain .....	28
3.4.1	Tebal Pelat Lantai Kendaraan .....	28
3.4.2	Penentuan Dimensi Busur .....	28
3.4.3	Dimensi Balok Memanjang dan Melintang .	29
3.5	Perencanaan Pembebanan.....	29
3.5.1	Beban Mati .....	30
3.5.2	Beban Lajur D .....	30
3.5.3	Beban Truck T.....	31
3.5.4	Beban Angin.....	32
3.5.5	Beban Temperatur .....	33
3.5.6	Beban Gempa .....	34
3.6	Perencanaan Struktur Sekunder.....	35
3.7	Perencanaan Rangka Utama Jembatan .....	35
3.8	Permodelan Pada SAP .....	36
3.9	Kontrol Terhadap Gaya Dalam.....	36
3.10	Perhitungan Sambungan .....	38
3.11	Desain Perletakan.....	39
3.12	Perhitungan Pondasi Tiang Pancang.....	40
3.13	Gambar Hasil Desain .....	41
BAB IV PEMBAHASAN .....		43
4.1	Perencanaan Struktur Sekunder.....	43
4.1.1	Perencanaan Tebal Pelat Lantai Kendaraan .	43
4.1.2	Perhitungan Penulangan .....	46
4.1.3	Perencanaan Balok Memanjang .....	50
4.1.6	Perencanaan Balok Melintang.....	59
4.1.7	Ikatan Angin Atas.....	72
4.1.8	Ikatan Angin Bawah.....	76
4.2	Perencanaan Struktur Primer .....	77
4.2.1	Perhitungan Pembebanan .....	77
1.	Beban Mati.....	77

2.	Beban Lajur D .....	78
3.	Beban Truck T .....	78
4.	Beban Angin .....	79
5.	Beban Temperatur .....	82
6.	Beban Gempa .....	82
7.	Kombinasi Pembebanan .....	84
4.2.2	Perencanaan Batang Penggantung .....	87
4.2.3	Perencanaan Konstruksi Busur .....	90
4.2.4	Stabilitas Penampang Busur .....	91
4.3.4	Bracing Portal Akhir .....	102
4.2.5	Kolom Portal Akhir .....	104
4.2.6	Balok Portal Akhir .....	106
4.2.7	Rekap Desain Profil Jembatan Busur .....	109
4.2.8	Kontrol SAP2000 dengan perhitungan Manual	110
4.3	Kontrol Lendutan pada Jembatan .....	112
4.4	Perencanaan Sambungan .....	112
4.4.1	Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang .....	113
4.4.2	Sambungan Ikatan Angin dan Ikatan Silang	115
4.4.3	Sambungan Gelagar Melintang dan Batang Tarik	127
4.4.4	Sambungan Busur .....	129
4.5.6	Sambungan Busur Batang Tarik .....	136
4.3.8	Sambungan Portal Akhir .....	138
4.3.9	Sambungan Box Busur dan Penggantung Hanger	141
4.5	Perencanaan Perletakan .....	144
4.5.1	Lay out Penempatan Perletakan Jembatan .	144
4.5.2	Kontrol Desain Perletakan Pot Bearing .....	145
4.6	Perhitungan Bangunan Bawah .....	150

4.6.1	Pembebanan Struktur Bawah .....	150
4.6.2	Kombinasi Pembebanan .....	155
4.6.3	Pemodelan Struktur .....	155
4.6.4	Perhitungan Longitudinal Stopper .....	158
4.6.5	Perhitungan Kolom Pilar .....	165
4.6.6	Perhitungan Pier Head .....	168
4.5.3	Perhitungan Pondasi .....	171
•	Perhitungan daya dukung borepile .....	173
	Evaluasi Kapasitas Daya Dukung Bor .....	179
	Evaluasi Kapasitas Material Tiang Pancang .....	180
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>189</b>
5.1	Kesimpulan .....	189
5.2	Saran .....	190
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>191</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ukuran Las Sudut.....	20
Tabel 3.1 Faktor Beban Lajur D.....	31
Tabel 3.2 Faktor Beban Truck T .....	32
Tabel 3.3 Nilai $V_0$ dan $Z_0$ .....	33
Tabel 3.4 Spesifikasi Threadbar untuk penggantung busur	36
Tabel 4.1 Rekapitulasi pembebanan gelagar memanjang ..	53
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Bebaan Angin pada Busur.....	81
Tabel 4.3 Mencari $F_a$ .....	82
Tabel 4.4 Mencari $F_V$ .....	83
Tabel 4.5 Faktor Modifikasi Respon.....	84
Tabel 4.6 Gaya yang terjadi pada batang penggantung .....	88
Tabel 4.7 Brosur Baja <i>Square/Box PT. Gunung Raja Paksi Steel</i> .....	92
Tabel 4.8 Rekap Profil Busur Baja.....	109
Tabel 4.9 Perhitungan Manual Berat Struktur .....	110
Tabel 4.10 Perhitungan Berat Struktur dengan SAP2000	111
Tabel 4.11 Gaya Tarik Baut Minimum .....	113
Tabel 4.12 Dimensi Unidirectional Pot Bearing .....	146
Tabel 4.13 Dimensi Multiidirectional Pot Bearing .....	147
Tabel 4.14 Dimensi Fixed Pot Bearing .....	149
Tabel 4.15 Penyelidikan Tanag dari N-SPT menurut Bowles .....	156
Tabel 4.16 Poisson Ratio berdasar table bowles .....	156
Tabel 4.17 Rekapitulasi Spring Tiang Pancang .....	158
Tabel 4.18 Kombinasi 1 long stopper pilar .....	160
Tabel 4.19 Kombinasi 2 long stopper pilar .....	160
Tabel 4.20 Data Klasifikasi Tanah.....	171
Tabel 4.21 Rekapitulasi Tahanan Ujung dan Selimut.....	175



Tabel 4.22 Daya dukung Ijin.....	176
Tabel 4.23 Gaya Reaksi Satu Tiang Akibat Beban Layan dan Gempa.....	179
Tabel 4.24 Gaya Reaksi Group Tiang Akibat Beban Layan dan Beban Gempa .....	179

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 1.1 Lokasi Jembatann Kali Legi.....	1
Gambar 1.2 Kondisi Eksiting Jembatan Kali Legi Blitar.....	2
Gambar 2.1 Deck Arch Bridge.....	10
Gambar 2.2 Half Through Arch Bridge .....	10
Gambar 2.3 Through Arch Bridge .....	11
Gambar 2.4 Fixed Arch.....	11
Gambar 2.5 Two-Hinged Arch.....	12
Gambar 2.6 Three-Hinged Arch.....	12
Gambar 2.7 Tied Arch.....	13
Gambar 2.8 Abutment dan Pilar Jembatan.....	23
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	26
Gambar 3.2 Penentuan Dimensi Busur .....	29
Gambar 3.3 Beban Lajur D .....	30
Gambar 3.4 Ilustrasi Beban Truck .....	31
Gambar 3.5 Peta Respon Spektra perc 1 detik untuk probabilitas 7% 75 tahun.....	34
Gambar 3.6 Bentuk Tipikal Respon Spektra.....	35
Gambar 3.7 Ilustrasi Batang Penggantung (Threadbar).....	36
Gambar 3.8 Denah Penempatan Posisi Pot Bearing Modifikasi Jembatan Kali Legi .....	39
Gambar 4.1 Potongan Melintang Pelat Lantai Kendaraan .	43
Gambar 4.2 Bidang Kritis Pada Pelat Lantai Kendaraan ...	49
Gambar 4.3 Profil Balok Memanjang .....	50
Gambar 4.4 Pembebanan pada beban mati .....	51
Gambar 4.5 Pembebanan BTR dan BGT pada gelagar memanjang .....	52
Gambar 4.6 Pembebanan Truk.....	52

Gambar 4.7 Profil Balok Melintang .....	59
Gambar 4.8 Pembebanan gelagar melintang .....	61
Gambar 4.9 Pembebanan akibat beban BTR dan BGT .....	62
Gambar 4.10 Pembebanan akibat beban Truk (Kondisi 1) .....	63
Gambar 4.11 Pembebanan akibat beban Truk (Kondisi 2) .....	63
Gambar 4.12 Beban merata geser sebelum komposit .....	66
Gambar 4.13 Beban merata geser setelah komposit .....	66
Gambar 4.14 Gaya geser akibat BTR dan BGT tidak simetris .....	67
Gambar 4.15 Distribusi gaya pada penampang .....	70
Gambar 4.16 Ikatan angin atas .....	72
Gambar 4.17 Ikatan angin bawah .....	76
Gambar 4.18 Grafik FBD .....	79
Gambar 4.19 Beban Mati Total Jembatan pada SAP .....	84
Gambar 4.20 3D View Modifikasi Jembatan .....	86
Gambar 4.21 Aksial Forces Akibat Kombinasi Kuat 1 .....	86
Gambar 4.22 Aksial Forces Akibat Kombinasi Kuat 3 .....	86
Gambar 4.23 Aksial Forces Akibat Kombinasi Ekstrem 1 .....	86
Gambar 4.24 Konstruksi Pemikul Utama .....	87
Gambar 4.25 Kegagalan Struktur Hanger .....	89
Gambar 4.26 Pembagian Segmen Jembatan Busur .....	91
Gambar 4.27 Garis Pengaruh Batang 10 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton .....	91
Gambar 4.28 Ilustari Penampang Rangka Utama Busur dengan Menggunakan Profil <i>Square/Box</i> .....	92
Gambar 4.29 Posisi Batang pada Rangka Busur Utama Jembatan .....	93
Gambar 4.30 Posisi Batang pada Rangka Busur Utama Jembatan .....	94
Gambar 4.31 Posisi Batang pada Rangka Busur Utama Jembatan .....	95

Gambar 4.32 Posisi Batang pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	97
Gambar 4.33 Posisi Batang pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	98
Gambar 4.34 Posisi Batang pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	99
Gambar 4.35 Posisi Batang pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	101
Gambar 4.36 Bracing batang penyangga .....	102
Gambar 4.37 Kolom portal akhir .....	104
Gambar 4.38 Balok portal akhir .....	106
Gambar 4.39 Lendutan Balok Portal Akhir Jembatan .....	109
Gambar 4.40 Sambungan Balok Memajang .....	114
Gambar 4.41 Sambungan Balok Melintang .....	115
Gambar 4.42 Sambungan Ikatan Angin Atas.....	118
Gambar 4.43 Ikatan Angin Atas Horizontal.....	122
Gambar 4.44 Sambungan Ikatan Angin Bawah .....	125
Gambar 4.45 Sambungan Ikatan Silang Akhir Box .....	127
Gambar 4.46 Sambungan pada rangka Busur .....	138
Gambar 4.47 Ilustrasi Portal Akhir .....	138
Gambar 4.48 Sambungan kolom portal akhir .....	139
Gambar 4.49 Sambungan portal akhir.....	140
Gambar 4.50 Denah Penempatan Posisi Pot Bearing Modifikasi .....	144
Gambar 4.51 Type Perletakan Unidirectional .....	145
Gambar 4.52 Type Perletakan Multidirectional .....	146
Gambar 4.53 Type Perletakan Fixed.....	148
Gambar 4.54 Rencana Dimensi Pilar .....	150
Gambar 4.55 Gambar Grafik Respon Spektrum 7% dalam 75 Tahun.....	154
Gambar 4.56 Pemodelan Struktur Pilar.....	155
Gambar 4.57 Pembebanan pada longitudinal stopper .....	159

Gambar 4.58 Tulangan Longitudinal Stoper.....	165
Gambar 4.59 Tulangan Pier head.....	171
Gambar 4.60 Letak pondasi pondasi yang ditinjau .....	172
Gambar 4.61 Grafik daya dukung tanah .....	178

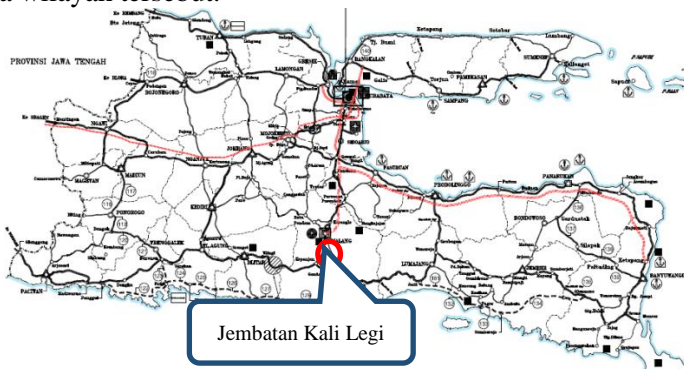
# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

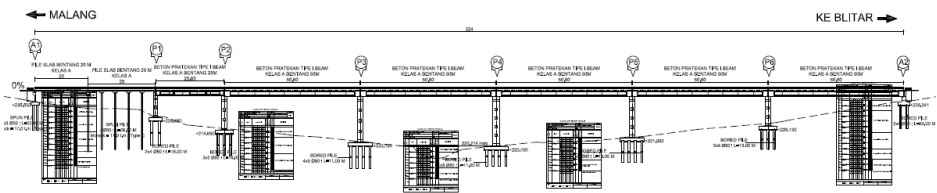
Infrastruktur merupakan sarana untuk memperlancar roda perekonomian dan mempengaruhi semua aspek kehidupan dalam memenuhi kebutuhan. Untuk menunjang peningkatan kebutuhan tersebut dibutuhkan infrastruktur yang memadai, salah satunya adalah jembatan. Jembatan adalah sarana transportasi yang menghubungkan jalan satu dengan yang lain yang terputus karena adanya rintangan seperti sungai, jurang dan lain sebagainya.

Aktivitas perekonomian tidak hanya berlangsung di suatu daerah saja, namun dapat berlangsung antar daerah di sekitarnya. Jalur Blitar – Malang merupakan jalan nasional yang direncanakan sebagai Jalur Lintas Selatan Jawa, dengan kondisi jalan di lembah yang berkelok-kelok kemudian menurun dan menanjak cukup tajam. Guna meningkatkan kelancaran arus lalu lintas kendaraan dan barang khususnya pada jalur Blitar-Malang serta mendukung pembangunan Jalur Lintas Selatan (JLS), Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Jawa Timur membuat Jembatan Kali Legi. Perencanaan jembatan ini diharapkan akan mampu mendorong pengembangan wilayah serta perekonomian untuk kedua wilayah tersebut.



Gambar 1.1 Lokasi Jembatann Kali Legi

Jembatan Kali Legi yang berada di Kabupaten Blitar Jawa Timur merupakan akses utama transportasi menuju ke Malang, atau sebaliknya (lihat Gambar 1.1). Perencanaan awal jembatan ini merupakan jembatan dengan kontruksi gelagar beton prategang. Lebar lantai dengan panjang total jembatan 325 meter. Jembatan ini dibagi delapan bagian dengan sembilan pilar, lima bagian dengan bentang 50 meter dan tiga bagian bentang satu bagian 25,00 meter (lihat Gambar 1.2). Penggunaan gelagar beton prategang dengan pilar banyak menimbulkan keborosan design jembatan ini dan terkesan kaku. Karena beton prategang hanya memiliki kapasitas bentang maksimal 40 m. Sedangkan pada kenyataannya bentang dipasang 50,60 meter. Dengan panjang total 325 meter maka dibutuhkan pilar yang banyak untuk menopang gelagarnya. Gelagar yang banyak membuat jembatan menjadi tidak ekonomis. Untuk membuat kontruksi jembatan dan pilar, menjadi panjang bentang yang lebih efisien dan ekonomis, dapat diperoleh dengan desain jembatan busur dan jembatan kabel.



Gambar 1.2 Kondisi Eksisting Jembatan Kali Legi Blitar

Dalam penulisan ini akan direncanakan Jembatan Kali Legi Blitar menggunakan sistem busur baja dengan lantai kendaraan di tengah (A Half Through Arch Bridge). Perencanaan jembatan busur baja pada jembatan ini karena untuk bentang 60-500 meter akan lebih efektif. Bentuk busur pada jembatan ini berguna untuk mengurangi momen lentur di lapangan, sehingga lebih efisien daripada gelagar paralel. Prinsip utama yang mendasari penggunaan busur tipe rangka sebagai pemikul utama adalah penyusunan elemennya menghasilkan bentuk stabil, sehingga

deformasi yang terjadi relatif kecil, dan lentur tidak akan terjadi selama gaya-gaya luar berada pada titik simpul (Dien,2006). Pemilihan penampang box material baja sebagai pemikul utama juga memiliki kekuatan yang cukup tinggi dengan luas penampang relatif lebih langsing daripada material beton. Sifat daktilitas baja yang mengalami deformasi besar di bawah pengaruh tegangan tarik tinggi mampu mencegah robohnya struktur tiba-tiba (Hilmy Gugo, 2013). Struktur busur juga dapat mengurangi kebutuhan pilar jembatan sehingga tidak terjadi perubahan penampang sungai, karena sungai juga tidak terlalu dalam. Pertimbangan rencana jembatan ini dengan lantai kendaraan di tengah (*Half Trough*) ini karena jika menggunakan lantai kendaraan di atas pangkal busur akan terendam air dan tinggi bebas tidak mencukupi. Jika menggunakan lantai kendaraan di bawah, tinggi energi dari jembatan menjadi lebih besar. Selain itu lantai kendaraan di tengah juga memberikan kesan lebih artistik pada jembatan.

Pada perencanaan Jembatan Kali Legi Blitar menggunakan sistem busur baja dengan lantai kendaraan di tengah (*A Half Through Arch Bridge*) 2 bentang 100 meter, dan 125 meter jembatan pratekan dengan 4 pilar. Dengan adanya desain Jembatan Kali Legi yang baru ini diharapkan mampu menjawab sebuah tantangan dalam merancang sebuah jembatan yang kuat dan efisien serta mampu meningkatkan nilai estetika dan memberi kesan monumental.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dari penjelasan di atas dapat ditinjau permasalahan pokok, yakni bagaimana merencanakan suatu konstruksi Jembatan Kali Legi dengan menggunakan sistem *Steel Box Half Through Arch Bridge*. Detail permasalahan yang akan ditinjau dari perencanaan jembatan busur baja adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan desain awal struktur Jembatan Kali Legi tersebut?



2. Bagaimana menentukan asumsi pembebanan pada jembatan mengacu pada SNI 1725:2016?
3. Bagaimana merencanakan profil baja yang akan digunakan pada struktur jembatan tersebut?
4. Bagaimana menganalisa gaya-gaya dalam pada struktur jembatan tersebut menggunakan aplikasi bantu SAP 2000?
5. Bagaimana mengontrol desain profil baja terhadap kekuatan dan kestabilan struktur?
6. Bagaimana merencanakan bangunan bawah dari jembatan tersebut?
7. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan dan analisa ke dalam bentuk gambar rencana?

### **1.3 Tujuan Perencanaan**

Perencanaan Jembatan Kali Legi ini mempunyai tujuan secara umum yakni, mampu merencanakan konstruksi jembatan yang kuat menahan beban menggunakan sistem Jembatan Busur Box Baja. Adapun tujuan perencanaan jembatan secara khusus ialah:

1. Menentukan desain awal struktur Jembatan Kali Legi.
2. Menentukan jenis pembebanan pada jembatan busur mengacu pada SNI 1725:2016.  
Merencanakan profil baja yang akan digunakan pada struktur jembatan tersebut.
3. Menganalisa gaya-gaya dalam pada struktur jembatan tersebut menggunakan aplikasi bantu SAP 2000.
4. Mengontrol desain profil baja terhadap kekuatan dan kestabilan struktur.
5. Merencanakan bangunan bawah pada jembatan.
6. Memvisualisasikan hasil perhitungan dan analisa ke dalam bentuk gambar desain.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Dengan keterbatasan waktu yang ada agar perencanaan ini lebih fokus, tidak menyimpang dari pokok permasalahan yang akan dibahas dan keterbatasan penyusunan Tugas Akhir, maka perlu adanya pembatasan masalah. Adapun batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan hanya pada kontruksi busur bentang tengah dan pilar, tidak termasuk abutment dan bentang tepi.
2. Perencanaan yang dilakukan tidak menganalisa dari segi biaya dan waktu.
3. Perhitungan sambungan dibatasi pada bagian-bagian tertentu, yang mewakili secara keseluruhan (terutama untuk bagian yang kritis).
4. Perencanaan tidak membuat metode pelaksanaan konstruksi.
5. Tidak memperencanakan perkerasan jalan dan desain approach road.

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang bisa diperoleh dari Tugas Akhir ini adalah dengan meningkatnya volume arus lalu lintas yang terus meningkat, jembatan yang baru ini dapat menampung dan melayani volume lalu lintas yang ada dengan tingkat keamanan dan kenyamanan yang sesuai.

1. Dengan desain Jembatan Kali Legi baru yang lebih ikonik dan efisien, jembatan ini diharapkan dapat menjadi ikon baru bagi Kota Blitar dan memberi kesan monumental sehingga dapat meningkatkan perekonomian masyarakat di wilayah tersebut dan tanpa mengganggu aliran sungai dengan meminimalisir kebutuhan pilar.
2. Untuk dunia keteknik sipil, dengan adanya desain baru Jembatan Kali Legi ini diharapkan jembatan busur baja dapat menjadi inspirasi jembatan masa depan yang lebih modern.

3. Dan manfaat untuk penulis sendiri yaitu dapat meningkatkan pengetahuan dan skill dalam ilmu perencanaan jembatan, khususnya Jembatan Busur Box Baja.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Jembatan adalah suatu konstruksi jalan yang terletak di atas permukaan air atau di atas tanah dan dibangun untuk melewati suatu massa atau traffic lewat akibat suatu penghalang seperti lembah, alur sungai, selat, laut, danau, saluran irigasi, jalan kereta api, jalan raya yang melintang tidak sebidang tanpa harus menutup rintangan yang ada.

Dalam merencanakan sebuah jembatan terdapat beberapa pertimbangan dalam segi ekonomis maupun teknis yang disesuaikan dengan tingkat kebutuhan. Pada perkembangannya, berbagai macam dan bentuk serta material jembatan mengalami perubahan sesuai dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi konstruksi terkini. Sebagai acuan dari beberapa aspek yang perlu diperhatikan saat merencanakan jembatan, adapun klasifikasinya sebagai berikut:

- a. Menurut Umur Rencana, jembatan dapat dibagi menjadi:
  - Jembatan Sementara
  - Jembatan Tetap
- b. Menurut Kedudukan, jembatan dapat dibagi menjadi:
  - Jembatan Bergerak (Moveable)
  - Jembatan Tetap
- c. Menurut fungsinya, jembatan dapat dibagi menjadi:
  - Jembatan Jalan Raya (Higway Bridge)
  - Jembatan Pejalan Kaki (Footh Path)
  - Jembatan Kereta Api (Railway Bridge)
  - Jembatan Jalan Air
  - Jembatan Jalan Pipa
  - Jembatan Militer
- d. Menurut Jenis Materialnya, jembatan dapat dibagi menjadi:
  - Jembatan Kayu

- Jembatan Baja
  - Jembatan Beton Bertulang
  - Jembatan Beton Pratekan
  - Jembatan Komposit
- e. Menurut Bentuk Strukturalnya, jembatan dapat dibagi menjadi:
- Jembatan Gelagar Baja
  - Jembatan Gelagar Baja Komposit
  - Jembatan Gelagar Dinding Penuh (Plate Girder)
  - Jembatan Box Girder ( Baja, Beton)
  - Jembatan Beton Bertulang
  - Jembatan Integral (Integral Bridge)
  - Jembatan Semi Integral (Semi Integral Bridge)
  - Jembatan Busur ( Arches Bridge)
  - Jembatan Rangka (Trusses Bridge)
  - Jembatan Gantung (Suspension Bridge)
  - Jembatan Kabel (Cable-Stayed Bridge)
- f. Menurut bentangnya jembatan dibagi menjadi 4 jenis yaitu
- Bentang pendek (small span bridge), dengan panjang bentang hingga 15 meter.
  - Bentang sedang (medium span bridge), dengan panjang bentang hingga 75 meter
  - Bentang menengah (large span bridge), dengan bentang antara 50 – 150 meter
  - Bentang panjang (extra large span bridge), dengan bentang lebih dari 150 meter

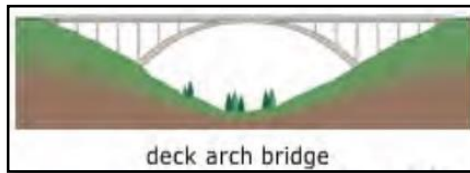
## 2.2 Struktur Jembatan Busur

Jembatan busur adalah jembatan yang mempunyai bentuk struktur setengah parabola, yang pemikul utamanya merupakan rangka batang. Pada konstruksi jembatan busur ini, pembebanan oleh beban vertikal memberikan reaksi perletakan dalam arah

horizontal. Pemberian bentuk busur dimaksudkan untuk mengurangi momen lentur pada jembatan, sehingga penggunaan bahan menjadi lebih efisien, dibandingkan dengan gelagar atau balok paralel. Desain lengkung akan mengalihkan beban yang diterima lantai kendaraan jembatan menuju abutmen yang menjaga kedua sisi jembatan agar tidak bergerak ke samping.

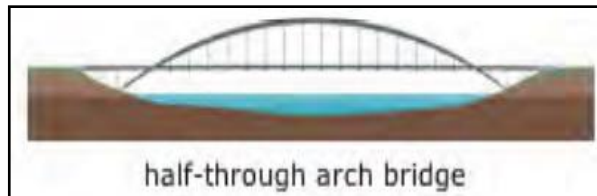
### **2.2.1 Tipe Jembatan Busur**

1. Tipe jembatan busur berdasarkan sifat gaya horizontal menjadi 2, yaitu:
  - Busur asli : reaksi horisontal (juga komponen reaksi lain : vertikal dan momen) diterima oleh perletakan, diteruskan ke pangkal jembatan atau pilar.
  - Busur dengan batang tarik : gaya horizontal pada busur diterima oleh bagian konstruksi busur, yaitu batang tarik.
2. Tipe jembatan busur berdasarkan jenis pemikul utama menjadi 2, yaitu:
  - Busur dinding penuh.
  - Busur rangka batang.
3. Tipe jembatan busur berdasarkan posisi lantai kendaraan dibagi menjadi 3, yaitu:
  - Deck Arch Bridge yaitu Jembatan Busur dengan posisi lantai kendaraan diatas (lihat Gambar 2.1). Jembatan ini merupakan jembatan pelengkung yang sangat sederhana bila dibandingkan dengan tipe jembatan pelengkung lainnya. Jembatan ini dapat menahan kombinasi gaya aksial dan momen yang terjadi akibat beban lalu lintas.



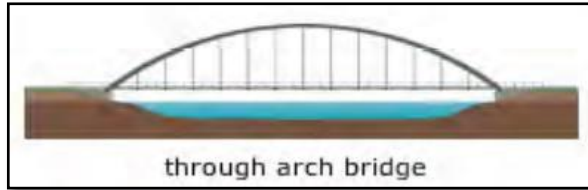
Gambar 2.1 Deck Arch Bridge  
*sumber: Irawan & Tristanto, 2010*

- Half Through Arch Bridge yaitu, Jembatan Busur dengan posisi lantai kendaraan ditengah (lihat Gambar 2.3). Jembatan bentuk ini dapat dibangun dengan bentuk yang besar dan tinggi, dan keseluruhan bentuknya akan tergantung pada posisi dari deck jembatan dimana lantai kendaraannya berada di antara springline dan bagian busur jembatan, atau berada di tengah-tengah.



Gambar 2.2 Half Through Arch Bridge  
*sumber: Irawan & Tristanto, 2010*

- Through Arch Bridge yaitu, Jembatan Busur dengan posisi lantai kendaraan dibawah (lihat Gambar 2.3). Jembatan ini memiliki konstruksi tipe pelengkung yang berada di bawah jalan raya. Beban jembatan akibat lalu lintas ditahan oleh dek jembatan kemudian diteruskan ke bagian utama pelengkung baja melalui kabel baja.



Gambar 2.3 Through Arch Bridge  
*sumber: Irawan & Tristanto, 2010*

4. Tipe konstruksi jembatan busur berdasarkan bentuk busur, yaitu
  - Model busur Model busur yang mengecil di tengah, biasanya untuk tumpuan jepit.
  - Model busur yang menebal di tengah, biasanya untuk tumpuan sendi.
  - Model busur yang rata, biasanya untuk tumpuan sendi atau jepit (mempermudah erection)
5. Tipe konstruksi jembatan busur berdasarkan jenis tumpuan, yaitu
  - Pelengkung terjepit (Fixed Arch)



Gambar 2.4 Fixed Arch  
*sumber: Irawan & Tristanto, 2010*

Model busur untuk tumpuan terjepit (lihat Gambar 2.4), biasanya bentuk busurnya mengecil dibagian tengah dari sistem pelengkung. Pada sistem pelengkung terjepit ini dapat diaplikasikan



untuk bentang jembatan dan kombinasi beban yang besar, dengan kondisi alas yang cukup baik.

- Pelengkung 2 sendi (Two-Hinged Arch)



Gambar 2.5 Two-Hinged Arch  
*sumber: Irawan & Tristanto, 2010*

Model busur yang menebal ditengah pada sistem pelengkungnya (lihat Gambar 2.5), cocok diaplikasikan pada sistem busur dengan tumpuan 2 sendi. Selain itu sistem pelengkung 2 sendi ini cocok untuk kebutuhan bentang yang tidak terlalu panjang dengan kondisi tanah alas yang cukup.

- Pelengkung 3 sendi (Three-Hinged Arch)



Gambar 2.6 Three-Hinged Arch  
*sumber: Irawan & Tristanto, 2010*

Pelengkung 3 sendi (lihat Gambar 2.6) biasanya digunakan pada struktur jembatan untuk penampang sungai yang mempunyai dasar cukup dalam. Pada kondisi ini, struktur utama dibuat

pelengkung sehingga tidak memerlukan pilar ditengah-tengah sungai.

- Pelengkung tarik (Tied Arch)



Gambar 2.7 Tied Arch  
sumber: Irawan & Tristanto, 2010

Untuk busur dengan sistem pelengkung tarik (lihat Gambar 2.7), bentuk busurnya disesuaikan dengan pembagian momen yang dilimpahkan ke batang tarik. Bila busurnya lebih kaku daripada batang tarik, maka busur akan lebih banyak menerima momen. Tapi sebaliknya bila busurnya lebih lemah daripada batang tarik, maka batang tarik akan lebih banyak menerima momen.

### 2.2.2 Bagian-bagian jembatan pelengkung :

Jembatan busur mempunyai bagian-bagian jembatan, antara lain:

- a. Lengkungan / Arch Ribs, merupakan bagian dari struktur yang penting sekali, karena seluruh beban di sepanjang beban jembatan dipikul olehnya. Dan bagian struktur ini mengubah gaya-gaya yang bekerja dari beban vertikal dirubah menjadi gaya horizontal/ tekan sehingga menjadi keuntungan sendiri bagi jembatan. yang terdiri atas :
  - *Upper Rib Chords* ( Batang Atas )  
Elemen melengkung yang menyerupai busur / setengah lingkaran dan berfungsi sebagai

penopang utama bentang jembatan, pangkal busur yang terletak di bawah dek jembatan.

- Batang Vertikal  
Elemen yang menghubungkan batang atas dan batang bawah pelengkung jembatan.
  - *Bracing* Batang Atas, Melintang dan Vertikal  
Elemen penghubung antara *rib chords* yang ada pada kedua sisi jembatan dan berfungsi untuk memperkuat pelengkung jembatan.
- b. *Hanger Cables*, merupakan komponen penghubung antara dek/lantai jembatan ke rangka utama yang berfungsi sebagai pemikul gelagar utama serta melimpahkan beban-beban dan gaya-gaya yang bekerja ke rangka utama/busur.
- c. Sistem Pelat Lantai, yang terdiri dari :
- Balok Lantai, berfungsi sebagai penahan lapisan perkerasan yang menahan langsung beban lalu lintas yang melewati jembatan itu. Komponen ini merupakan komponen yang menahan suatu beban yang langsung dan ditransferkan secara merata keseluruh lantai.
  - Gelagar Melintang, berfungsi mengikat beberapa balok (Gelagar memanjang) agar menjadi suatu kesatuan supaya tidak terjadi pergeseran antar gelagar induk (Gelagar memanjang), komponen ini letaknya melintang arah jembatan yang mengikat balok-balok gelagar induk (Gelagar Memanjang).
  - Gelagar Memanjang, merupakan suatu bagian struktur yang menahan beban langsung dari pelat lantai kendaraan yang letaknya memanjang arah jembatan atau tegak lurus arah aliran sungai.
- d. Ikatan Angin, berfungsi untuk memikul gaya angin yang bekerja pada bangunan atas.

- e. Ikatan Rem, berfungsi untuk memikul gaya rem yang bekerja pada lantai kendaraan.
- f. *Pier* / Abutmen, struktur bagian bawah jembatan yang berfungsi menyangga deck langsung dan menyalurkan semua yang diterima dari struktur atas untuk diteruskan ke pondasi.

## 2.2 Sistem Konstruksi Jembatan Busur

Sistem Bangunan Jembatan yang telah diteliti dan dikembangkan selama bertahun-tahun dengan konsep perencanaan struktur jembatan yang berdasarkan atas seni (estetika) dan konstruksi jembatan itu sendiri. Jembatan pelengkung box busur merupakan suatu struktur jembatan dari pelengkung baja dengan bentuk penampang dari box. Konstruksi pelengkung pada jembatan merupakan rangka utama dari jembatan yang berfungsi menerima semua gaya-gaya yang bekerja pada jembatan.

Pada prinsipnya konstruksi dari jembatan busur dapat memberikan reaksi horizontal akibat beban vertikal yang bekerja, selain itu jembatan busur dapat menerima momen lentur lebih efisien dibandingkan dengan gelagar parallel (Diktat Mata Kuliah Jembatan Bentang Panjang, 2007). Sedangkan, jembatan busur menurut H.J Struyk, dkk (1995), merupakan jembatan yang pada konstruksi gelagar-gelagar induknya dibangun oleh busur-busur. Jembatan ini mengadakan reaksi tumpuan yang arahnya tegak lurus terhadap beban.

## 2.3 Sambungan

Sambungan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari sebuah struktur baja. Sambungan berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya dalam (momen, lintang/geser, dan/atau aksial) antar komponen-komponen yang disambung, sesuai dengan perilaku struktur yang direncanakan. Keandalan sebuah struktur baja untuk bekerja dengan mekanisme yang direncanakan sangat tergantung oleh keandalan sambungan.

### 2.3.1 Sambungan Paku Keling

Sambungan keling adalah sambungan yang digunakan untuk menyambung plat dan batang profil. Untuk membuat sambungan ini digunakan paku keling yang dibuat di pabrik khusus dengan kepala terpasang yang dilantak.

### 2.3.2 Sambungan Baut

Baut adalah alat sambung dengan batang bulat dan berulir, salah satu ujungnya dibentuk kepala baut (umumnya bentuk kepala segi enam) dan ujung lainnya dipasang mur/pengunci.

Terdapat dua jenis baut yang biasa dipakai pada konstruksi baja. Pertama adalah baut biasa yang dipakai pada struktur ringan yang menahan beban statis atau untuk menyambung batang-batang sekunder. Jenis yang kedua adalah baut tegangan tinggi (mutu tinggi) dengan pemasangan dikencangkan sedemikian rupa sehingga menahan suatu tekanan yang besar dan bisa menjepit dengan keras bagian-bagian struktur yang disambung.

#### a. Kuat Rencana Baut

Sebuah sambungan baut yang memikul gaya terfaktor,  $R_u$ , harus direncanakan sedemikian rupa sehingga selalu terpenuhi:

$$R_u = \phi R_n \quad (2.1)$$

Dimana:

$\phi$  = faktor reduksi kuat sambungan baut = 0,75

$R_n$  = kuat nominal terkecil dari baut, elemen struktur yang disambung dan pelat penyambung.

Nilai kuat nominal  $R_n$  ditentukan sesuai dengan mekanisme transfer gaya-gaya dalam yang harus dipikul sistem sambungan.

#### • Baut dalam geser

Kuat geser rencana dari satu baut dihitung sebagai berikut:

$$V_d = \phi \cdot V_n = \phi_f \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (2.2)$$

Dimana:

$r_1 = 0,5$  untuk baut tanpa ulir pada bidang geser  
 $r_1 = 0,4$  untuk baut dengan ulir pada bidang geser  
 $\phi_f = 0,75$  adalah faktor reduksi kekuatan fraktur  
 $f_u^b =$  Tegangan Tarik putus baut  
 $A_b =$  Luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

Kuat geser nominal baut yang mempunyai beberapa bidang geser (bidang geser majemuk) adalah jumlah kekuatan masing masing yang dihitung untuk setiap bidang geser.

- **Baut yang memikul gaya tarik**

Kuat tarik rencana satu baut dihitung sebagai berikut :

$$T_d = \phi \cdot T_n = \phi_f \cdot 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (2.3)$$

Dimana:

$\phi_f = 0,75$  adalah faktor reduksi kekuatan fraktur  
 $f_u^b =$  tegangan Tarik putus baut  
 $A_b =$  luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

- **Baut pada sambungan tipe tumpu yang memikul kombinasi geser dan tarik**

Baut yang memikul gaya geser terfaktor,  $V_u$ , dan gayya tarik terfaktor,  $T_u$ , secara bersamaan harus memenuhi kedua persyaratan berikut ini:

$$f_{uv} = \frac{Y_u}{n \cdot A_b} \leq r_1 \cdot \phi_f \cdot f_u^b \cdot m \quad (2.4)$$

$$T_d = \phi_n \cdot T_n = \phi_f \cdot f_1 \cdot A_b \geq \frac{T_u}{n} \quad (2.5)$$

$$f_1 \leq f_1 - r_2 \cdot f_{uv} \leq f_2 \quad (2.6)$$

Dimana:

$\phi_f = 0,75$  adalah faktor reduksi kekuatan fraktur  
 $f_{uv} =$  Tegangan geser pada baut  
 $n =$  jumlah baut  
 $m =$  jumlah bidang geser  
 untuk baut mutu tinggi:  
 $f_1 = 807 \text{ Mpa}$  ,  $f_2 = 310 \text{ Mpa}$

$r_2 = 1.9$  untuk baut dengan ulir pada bidang geser  
 $r_2 = 1.5$  untuk baut tanpa ulir pada bidang geser  
 untuk baut mutu normal:  
 $f_1 = 410 \text{ Mpa}$  ,  $f_2 = 310 \text{ Mpa}$   
 $r_2 = 1.9$

### **b. Tata Letak Baut**

Tata letak baut sangat mempengaruhi kinerja sistem sambungan. Pengaturan ini dilakukan untuk mencegah kegagalan pada plat dan untuk memudahkan pemasangan, akan tetapi disarankan agar jarak antar baut tidak terlalu besar untuk mencegah pemborosan bahan yang disambung serta mengurangi variasi tegangan di antara baut dan mencegah korosi.

- Jarak tepi minimum

Jarak minimum dari pusat pengencang ke tepi plat atau plat sayap profil harus memenuhi spesifikasi:

- Tepi dipotong dengan tangan 1,75 db
- Tepi dipotong dengan mesin 1,50 db
- Tepi profil bukan hasil potongan 1,25 db

Dengan db adalah diameter nominal baut pada daerah tak berulir

- Jarak maksimum

Jarak antar baut ditentukan tidak boleh lebih besar dari 15 tp (dengan tp adalah tebal plat lapis tertipis di dalam sambungan), atau 200 mm.

- Jarak tepi maksimum

Jarak dari pusat tiap pengencang ke tepi terdekat suatu bagian yang berhubungan dengan tepi yang lain tidak boleh lebih dari 12 kali tebal plat lapis luar tertipis dalam sambungan dan juga tidak boleh melebihi 150 mm.

### **2.3.3 Sambungan Las**

Proses pengelasan adalah proses penyambungan dua potong logam dengan cara memanaskan baja hingga mencapai suhu leleh dengan ataupun tanpa bahan pengisi. Pada umumnya

mutu kawat las (bahan pengisi) lebih besar atau sama dengan mutu baja yang akan disambung. Pada pelaksanaannya terdapat beberapa tipe sambungan las antara lain:

**a. Las Tumpul**

Las Tumpul Penetrasi Penuh adalah las tumpul di mana terdapat penyatuan antara las dan bahan induk sepanjang kedalaman penuh sambungan. Las Tumpul Penetrasi Sebagian adalah las tumpul di mana kedalaman penetrasi lebih kecil daripada kedalaman penuh sambungan. Ukuran las adalah jarak antara permukaan luar las (tidak termasuk perkuatannya) terhadap kedalaman penetrasinya yang terkecil. Khusus sambungan antara dua bagian yang membentuk T atau siku, ukuran las penetrasi penuh adalah tebal bagian yang menumpu. Tebal rencana las ditetapkan sebagai berikut:

- Las Tumpul Penetrasi Penuh: tebal rencana las untuk las tumpul penetrasi penuh adalah ukuran las.
- Las Tumpul Penetrasi Sebagian: tebal rencana las untuk las tumpul penetrasi sebagian ditetapkan sesuai dengan ketentuan dibawah ini:
  - Sudut antar bagian yang disambung  $\leq 60^\circ$   
 Satu sisi:  $tt = (d - 3) \text{ mm}$   
 Dua sisi:  $tt = (d3 + d4 - 6) \text{ mm}$
  - Sudut antara bagian yang disambung  $> 60^\circ$   
 Satu sisi:  $tt = d \text{ mm}$   
 Dua sisi:  $tt = (d3 + d4) \text{ mm}$

Dengan d adalah kemanan yang dipersiapkan untuk las (d3 dan d4 adalah nilai untuk tiap sisi las).

Panjang efektif las tumpul adalah panjang las ukuran penuh yang menerus. Luas efektif las tumpul adalah perkalian panjang efektif dengan tebal rencana las. Sambungan las tumpul antara bagian yang tebalnya berbeda atau lebarnya tidak sama yang memikul gaya tarik harus mempunyai peralihan halus antara permukaan dan ujung. Peralihan harus dibuat dengan melandaikan



bagian yang lebih tebal atau dengan melandaikan permukaan las atau dengan kombinasi dari keduanya. Kelandaian peralihan antara bagian-bagian tidak boleh lebih tajam dari 1:1.

#### **b. Las Sudut**

Ukuran las sudut ditentukan oleh panjang kaki. Panjang kaki harus ditentukan sebagai panjang  $tw_1$ ,  $tw_2$ , dari sisi yang terletak sepanjang kaki segitiga yang terbentuk dalam penampang melintang las (lihat SNI 03-1729-2002 Gambar 13.5-2). Bila kakinya sama panjang, ukurannya adalah  $tw$ . Bila terdapat sela akar, ukuran  $tw$  diberikan oleh panjang kaki segitiga yang terbentuk dengan mengurangi sela akar. Ukuran minimum las sudut, selain dari las sudut yang digunakan untuk memperkuat las tumpul, ditetapkan sesuai dengan Tabel 2.1 kecuali bila ukuran las tidak boleh melebihi tebal bagian yang tertipis dalam sambungan.

Tabel 2.1 Ukuran Las Sudut

Tebal bagian paling tebal, $t$ (mm)	Tebal minimum las sudut, $tw$ (mm)
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t$	6

*Sumber: SNI 03-1729-2002*

- Ukuran maksimum las sudut sepanjang tepi
  - Ukuran maksimum las sudut sepanjang tepi komponen yang disambung adalah:
    - Untuk komponen dengan tebal kurang dari 6.4 mm, diambil setebal komponen
    - Untuk komponen dengan tebal 6.5 mm atau lebih, diambil 1.6 mm kurang dari tebal komponen kecuali jika dirancang agar memperoleh tebal las tertentu.

- Panjang efektif

Panjang efektif las sudut adalah seluruh panjang las sudut berukuran penuh. Panjang efektif las sudut paling tidak harus 4 kali ukuran las; jika kurang, maka ukuran las untuk perencanaan harus dianggap sebesar 0,25 dikali panjang efektif. Persyaratan panjang minimum berlaku juga pada sambungan pelat yang bertumpuk (*lap*). Tiap segmen las sudut yang tidak menerus (selang-seling) harus mempunyai panjang efektif tidak kurang dari 40 mm dan 4 kali ukuran nominal las. Luas efektif las sudut adalah perkalian panjang efektif dan tebal rencana las.

- Kuat las sudut

Las sudut yang memikul gaya terfaktor per satuan panjang las,  $R_u$ , harus memenuhi:

$$R_u \leq \phi R_{nw}$$

Dengan,

$$\phi f R_{nw} = 0,75 t t (0,6 f_{uw}) \text{ (las)}$$

$$\phi f R_{nw} = 0,75 t t (0,6 f_u) \text{ (bahan dasar)}$$

dengan  $\phi f = 0,75$  faktor reduksi kekuatan saat fraktur

Keterangan:

$f_{uw}$  adalah tegangan tarik putus logam las, Mpa

$f_u$  adalah tegangan tarik putus bahan dasar, Mpa

$t$  adalah tebal rencana las, mm

## 2.4 Perencanaan Struktur Bangunan Bawah

Struktur bangunan bawah jembatan adalah bagian dari struktur jembatan yang umumnya terletak di sebelah bawah bangunan atas dengan fungsi untuk menerima dan memikul beban dari bangunan atas agar dapat disalurkan kepada pondasi. Bangunan bawah dibagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu kepala jembatan (abutment) atau pilar (pier) dan pondasi untuk kepala jembatan atau pilar. Struktur bangunan bawah perlu didesain

khusus sesuai dengan jenis kekuatan tanah dasar dan elevasi jembatan.

#### **2.4.1 Kepala Jembatan (Abutment)**

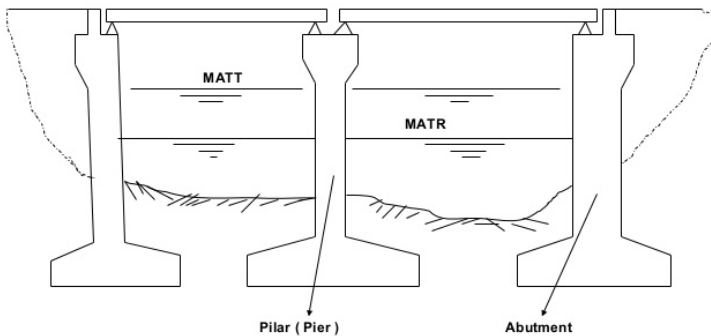
Pada jembatan yang disebut kepala jembatan (*abutment*) yang merupakan bagian bawah bangunan jembatan, *abutment* memiliki tugas untuk memikul semua beban yang bekerja pada jembatan. Serta meneruskan beban yang dipikul jembatan menuju tanah dengan aman serta menerima tekanan dan diteruskan kepada pondasi.

Selain beban-beban yang bekerja, *abutment* juga perlu memperhitungkan kondisi lingkungan seperti gempa, *scouring* (gerusan), angin, dan penyebab lainnya. Ada berbagai bentuk dan jenis *abutment* tetapi dalam pemilihannya dipertimbangkan dengan melihat bentuk dari bangunan atas jembatan. Bentuk struktur umum *abutment* identik dengan struktur *retaining wall* (tembok penahan tanah), tetapi berbeda dari perencanaan beban yang bekerja di atasnya.

#### **2.4.2 Pilar Jembatan (Pier)**

Berbeda dengan *abutment*, yang selalu ada di setiap jembatan, maka pilar belum tentu ada di suatu konstruksi jembatan. Pilar merupakan suatu struktur yang berfungsi untuk membagi bentang suatu jembatan dan meneruskan beban struktur atas kepada pondasi.

Pada umumnya, pilar diletakkan ditengah bentang jembatan (lihat Gambar 2.10) sehingga terkena pengaruh aliran sungai. Untuk menanggulangi masalah tersebut maka pada perencanaannya, direncanakan selain segi kekuatannya juga di lihat pula dari segi keamanannya.



Gambar 2.8 Abutment dan Pilar Jembatan

### 2.4.3 Pondasi

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas dan bangunan bawah ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya (Gunawan, 1990). Fungsi utamanya adalah untuk menahan beban bangunan bangunan yang ditimbulkan oleh konstruksi yang berada di atasnya tanpa mengakibatkan keruntuhan geser tanah dan penurunan (*settlement*).

Untuk tujuan itu maka pondasi bangunan harus diperhitungkan dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban yang bekerja dan gaya-gaya luar seperti tekanan angin dan gempa bumi.

#### a. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal adalah pondasi yang mendukung beban secara langsung. Pada umumnya suatu pondasi dikatakan pondasi dangkal jika  $D/B < 1$ . Dimana nilai D adalah kedalaman dari pondasi dan nilai B adalah lebar pondasi. Dan tanah pendukung pondasi terletak pada permukaan tanah atau kedalaman 2-3 m kebawah permukaan tanah. Adapun jenis-jenis pondasi dangkal sebagai berikut:

##### 1. Pondasi telapak dan pondasi memanjang

2. Pondasi Rakit (*Raft Foundation* atau *Mat Foundation*)

3. Pondasi Sistem Cakar Ayam

b. Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak relative jauh dari permukaan. Pondasi dalam digunakan bila lapisan tanah didasar pondasi tidak mampu mendukung beban yang dilimpahkan dan terletak cukup dalam. Atau dengan pertimbangan adanya pengerusan dan galian dekat pondasi dikemudian hari. Umumnya dikatakan pondasi dalam apabila  $D > 4B$  sampai  $5B$ , dimana nilai  $D$  adalah kedalaman dan nilai  $B$  adalah lebar dari pondasi.

Adapun jenis-jenis pondasi dalam adalah sebagai berikut :

1. Pondasi Sumuran (*Pier Foundation*)

2. pondasi Kaison

3. Pondasi Tiang

## BAB III METODOLOGI

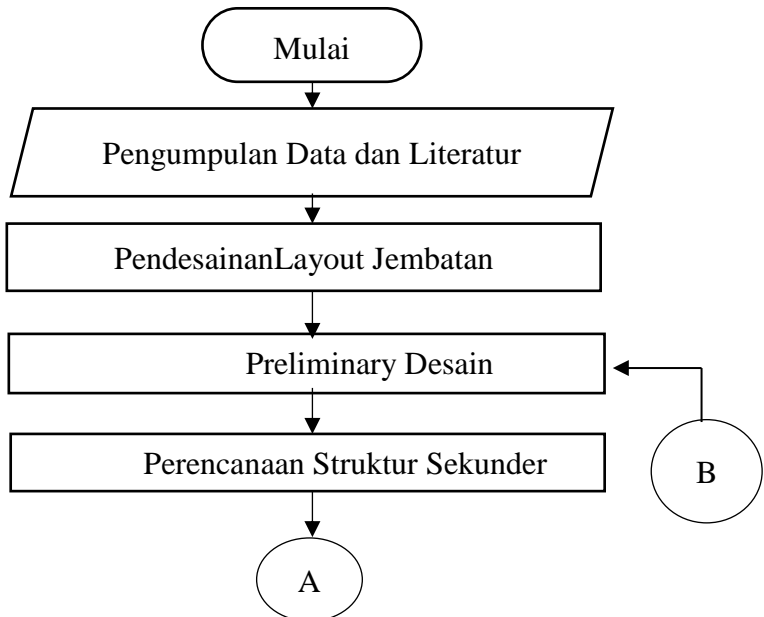
### 3.1 Umum

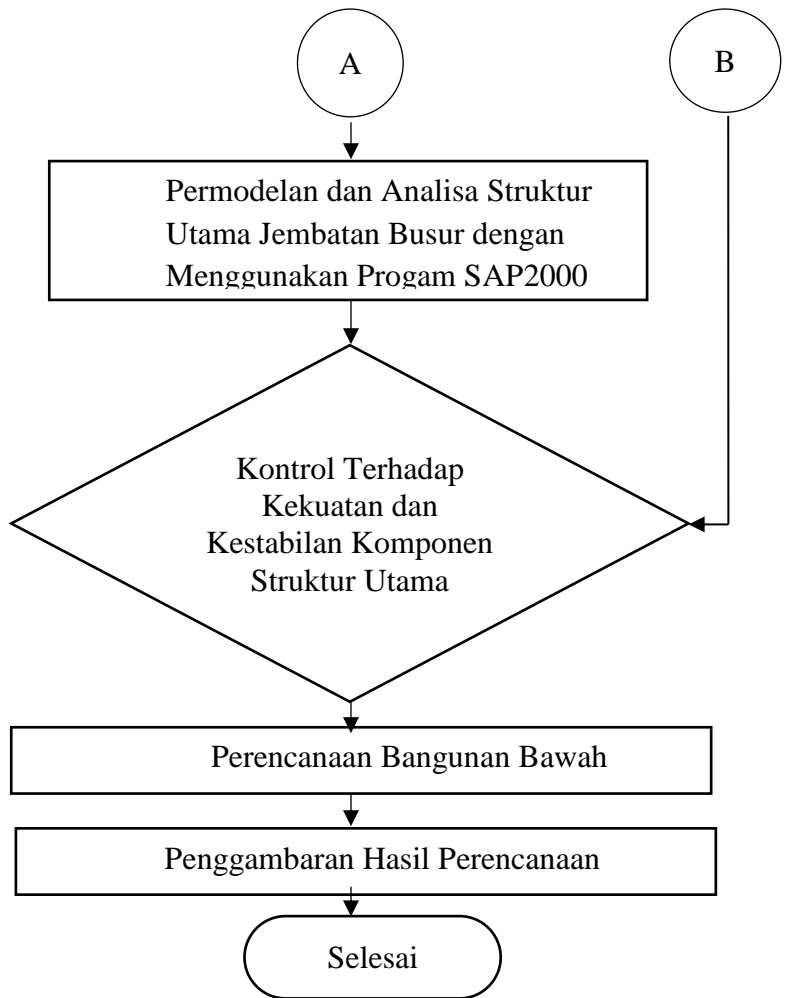
Dalam Modifikasi Struktur Jembatan Kali Legi ini akan diuraikan tahapan – tahapan atau urutan pengerjaan penyelesaian Tugas Akhir. Dimulai dari pengumpulan data, studi literatur yang berkaitan dengan sistem *half through arch*, *preliminary design*, perencanaan beban, analisa gaya dalam, perencanaan struktur, kesimpulan berupa hasil desain dari modifikasi, dan dituangkan dalam bentuk gambar.

### 3.2 Diagram Alir

Diagram alir adalah tahapan – tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir. Dimana adanya diagram alir, diharapkan mempermudah penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tahapan – tahapan dari “Modifikasi Struktur Jembatan Kali Legi Menggunakan Sistem *Half Through Arch*” adalah sebagai berikut lihat Gambar 3.1:





Gambar 3.1 Diagram Alir

### 3.3 Pengumpulan Data

Mengumpulkan data – data yang diperlukan berupa:

### 3.3.1 Data Umum Bangunan

Nama bangunan	: Jembatan Kali Legi
Lokasi	: Blitar, Jawa Timur
Fungsi	: Jembatan jalan raya
Panjang total jembatan	: 325 m
Lebar jembatan	: 7 m
Jumlah Pilar	: 6 pilar
Struktur bangunan	: 275 m dengan Gelagar Prategang dan 50 m dengan Pile Slab

### 3.3.2 Data Modifikasi

Nama bangunan	: Jembatan Kali Legi
Lokasi	: Blitar, Jawa Timur
Fungsi	: Jembatan jalan raya
Panjang total jembatan	: 325 m
Lebar jembatan	: 7 m
Jumlah pilar	: 4 pilar
Struktur bangunan	: 200 m dengan Half Through Arch bridge dan 75 dengan Gelagar Prategang, 50 m dengan pile slab.

### 3.3.3 Data Gambar

Denah, gambar tampak jembatan, tampak potongan, dan detail

### 3.3.4 Data Bahan

-Mutu beton plat	(f'c)	= 30	MPa
-Mutu baja tulangan	(fy)	= 390	MPa
-Mutu baja struktur sekunder	(BJ)	= 50	
	(fy)	= 290	Mpa
	(fu)	= 500	MPa
-Mutu baja struktur utama	(BJ)	= 50	
	(fy)	= 290	Mpa
	(fu)	= 500	MPa

-Mutu baut sambungan menggunakan ASTM A325-A490 untuk sambungan baut antar profil sedangkan sambungan base plate dengan pondasi menggunakan ASTM A307.



-Mutu las yang digunakan adalah E70xx

### 3.3.5 Studi Literatur

Melakukan studi referensi berupa: peraturan, buku pustaka, dan jurnal terdahulu yang berkaitan dengan sistem half through arch antara lain :

- Bridges Management System (BMS) 1992
- SNI 1725:2016 (standar pembebanan untuk jembatan)
- SNI T-12-2004 (untuk perhitungan pelat lantai)
- RSNI T-03-2005 (perencanaan struktur baja untuk jembatan)
- SNI 03-1729:2002 (perencanaan struktur baja)
- SNI 1726:2013 (gempa jembatan)

### 3.4 Preliminary Desain

Preliminary desain adalah perencanaan awal berupa dimensi elemen struktur yang direncanakan. Berikut ini adalah elemen – elemen yang direncanakan:

#### 3.4.1 Tebal Pelat Lantai Kendaraan

Pelat lantai yang berfungsi sebagai jalan kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum  $t_s$ , yang memenuhi kedua ketentuan berikut:

Untuk pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya, sesuai pasal 9.5.3.3 tebal minimumnya ( $h$ ) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- $t_s \geq 200 \text{ mm}$
- $t_s \geq 100 + 40 b_1 \text{ (mm)}$

Dimana:

$b_1$  = Jarak gelagar memanjang dari jembatan dalam meter

#### 3.4.2 Penentuan Dimensi Busur

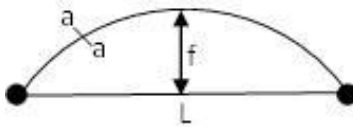
- Tinggi busur :

Menentukan tinggi busur dapat (lihat Gambar 3.2) dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

Syarat :  $\frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5}$  atau  $0.167 \leq \frac{f}{L} \leq 0.200$

$f$  : tinggi busur

L : bentang busur



Gambar 3.2 Penentuan Dimensi Busur

- Tinggi Tampang Busur :

Syarat :  $\frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{25}$  (rangka batang)

t : tinggi penampang busur

L : bentang busur

- Lebar jembatan :

Syarat :  $\frac{b}{L} \geq \frac{1}{20}$

b : jarak perletakan kiri-kanan paling luar

- Panjang Penggantung Busur

Panjang penggantung busur dapat dicari dengan persamaan sumbu geometrik busur.

$$y_n = \frac{4 \cdot f \cdot x \cdot (L-x)}{L^2}$$

### 3.4.3 Dimensi Balok Memanjang dan Melintang

Dimensi balok memanjang dan melintang direncanakan menggunakan profil baja hasil fabrikasi sesuai dengan Tabel Profil Konstruksi Baja (Gunawan dan Morisco).

### 3.5 Perencanaan Pembebanan

Perencanaan pembebanan dihitung untuk kemudian di-*input* pada program bantu SAP 2000. Beban yang digunakan sesuai dengan standar pembebanan untuk jembatan (SNI 1725:2016) dimana disebutkan bahwa pembebanan yang bekerja pada struktur jembatan terdiri dari beban mati (berat sendiri dan beban mati tambahan), beban hidup, beban angin, beban temperatur dan beban gempa.

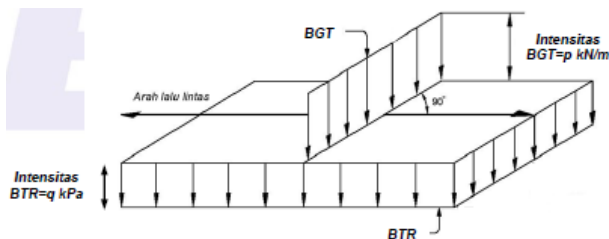
### 3.5.1 Beban Mati

Beban mati pada perencanaan ini meliputi berat sendiri dari masing – masing elemen struktur dan berat mati tambahan yang berupa berat pelat lantai kendaraan dan aspal. Besarnya beban - beban mati tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

- Beton = 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Aspal = 2200 kg/m<sup>3</sup>

### 3.5.2 Beban Lajur D

Beban lajur “D” menurut SNI 1725:2016 Pasal 8.3 terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT), lihat Gambar 3.3 berikut :



Gambar 3.3 Beban Lajur D  
Sumber: SNI 1725:2016

Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas  $q$  kPa, dengan besarnya  $q$  tergantung pada panjang total :

$$L \leq 30\text{m} : q = 9.0 \text{ kPa}$$

$$L \geq 30\text{m} : q = 9.0 \left( 0.5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa}$$

Panjang yang dibebankan  $L$  adalah panjang total BTR yang bekerja pada jembatan. Beban garis (BGT) dengan intensitas  $p$  KN/m harus ditempatkan tegak lurus arah lalu-lintas pada jembatan. Besarnya intensitas  $p$  adalah 49.0 kN/m. Agar perencanaan mencapai kondisi ultimate maka beban tersebut

harus dikalikan dengan koefisien pembebanan ultimate. Koefisien pembebanan berdasarkan SNI 1725:2016 dapat dilihat pada tabel 3.1 sebagai berikut:

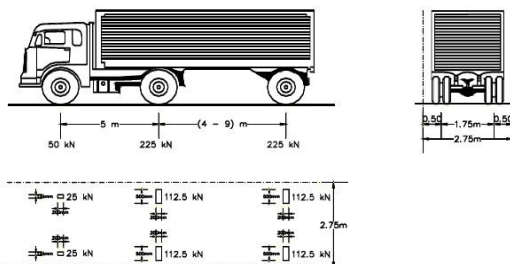
Tabel 3.1 Faktor Beban Lajur D

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban ( $\gamma_{TD}$ )	
		Keadaan Batas Layan ( $\gamma_{TD}^L$ )	Keadaan Batas Ultimit ( $\gamma_{TD}^U$ )
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

Sumber: SNI 1725:2016

### 3.5.3 Beban Truck T

Pembebanan truk “T” menurut SNI 1725:2016 Pasal 8.4 terdiri dari kendaraan truk semi trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti pada Gambar 3.4. Berat sendiri dari masing-masing as disebar menjadi dua beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara dua as tersebut antara 4.0 m sampai dengan 9.0m, hal ini dikarenakan untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan. Kendaraan truk “T” ini harus ditempatkan di tengah-tengah lajur lalu lintas rencana. Agar perencanaan mencapai kondisi ultimate maka beban tersebut harus dikalikan dengan koefisien pembebanan ultimate. Koefisien pembebanan berdasarkan SNI 1725:2016 dapat dilihat pada tabel 3.2.



Gambar 3.4 Ilustrasi Beban Truck

Sumber: SNI 1725:2016

Tabel 3.2 Faktor Beban Truck T

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban	
		Keadaan Batas Layan ( $Y_{TT}^S$ )	Keadaan Batas Ultimit ( $Y_{TT}^U$ )
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

### 3.5.4 Beban Angin

- **Tekanan Angin Horizontal**

Tekanan angin menurut SNI 1725:2016 Pasal 9.6.1 yang ditentukan untuk angin horizontal diasumsikan disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar (VB) sebesar 90 hingga 126 km/jam. Untuk jembatan atau bagian jembatan dengan elevasi lebih tinggi dari 10000 mm di atas permukaan tanah atau permukaan air, kecepatan angin rencana VDZ harus dihitung dengan persamaan berikut:

$$v_{DZ} = 2,5 v_o \left( \frac{v_{10}}{v_B} \right) \ln \left( \frac{z}{z_o} \right)$$

Dimana :

$V_{DZ}$  : kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam)

$V_o$  : kecepatan gesekan angin, yang merupakan karakteristik meteorologi, untuk berbagai macam tipe permukaan di hulu jembatan (km/jam), (lihat tabel 3.3).

$V_{10}$  : kecepatan angin pada elevasi 10000 mm di atas permukaan tanah atau di atas permukaan air rencana (km/jam)

- $V_B$  : kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm  
 $Z$  : elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air di mana beban angin rencanadihitung ( $Z > 1000$  mm)  
 $Z_0$  : panjang gesekan di hulu jembatan, yang merupakan karakteristik meterologi (lihat tabel 3.3)

Tabel 3.3 Nilai  $V_0$  dan  $Z_0$ 

Kondisi	Lahan Terbuka	Sub Urban	Kota
$V_0$ (km/jam)	13,2	17,6	19,3
$Z_0$ (mm)	70	1000	2500

Sumber: SNI 1725:2016

- **Beban Angin Pada Struktur (Ews)**

Tekanan angin rencana (MPa) dapat ditetapkan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_D = P_B \left( \frac{v_{DZ}}{v_B} \right)^2$$

Dimana :

$P_B$  : tekanan angin dasar

### 3.5.5 Beban Temperatur

Temperatur yang digunakan adalah sebesar 25<sup>0</sup> celcius, dengan asumsi pada saat pemasangan tidak memperhatikan beban temperatur.

### 3.5.6 Beban Gempa

Simulasi pembebanan terhadap beban gempa ditinjau secara statik maupun dinamis, sedangkan besaran gaya gempa statik ekivalen merujuk pada persamaan SNI 2833-2013 tentang tata cara pembebanan gempa untuk jembatan, sebagai berikut:

$$EQ = \frac{C_m}{R} W_t$$

Dimana :

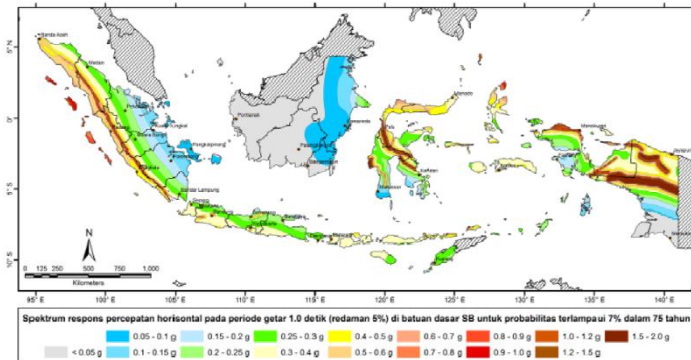
EQ : gaya gempa horizontal statis

C<sub>sm</sub> : koefesien respon gempa elastik

W<sub>t</sub> : berat total struktur

R : faktor modifikasi respon

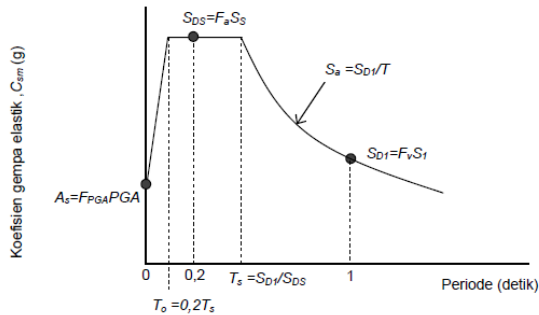
Untuk perencanaan gaya gempa yang dihasilkan pada analisa dinamis, dimana letak bangunan terletak pada zona 4.



Gambar 6 - Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

Gambar 3.5 Peta Respon Spektra perc 1 detik untuk probabilitas 7% 75 tahun

Untuk proses perhitungan dengan bantuan SAP2000, dimasukkan grafik respon spectrum Gempa Rencana dari zona bangunan seperti grafik berikut.



Gambar 3.6 Bentuk Tipikal Respon Spektra  
Sumber: SNI 2833:2013

### 3.6 Perencanaan Struktur Sekunder

Dalam merencanakan struktur sekunder berpedoman pada peraturan SNI 1725:2016 (standar pembebanan untuk jembatan) untuk mendapatkan ukuran profil struktur sekunder jembatan busur yang akan digunakan.

### 3.7 Perencanaan Rangka Utama Jembatan

#### 1. Struktur batang tarik

Struktur tarik adalah bagian dari struktur bangunan yang menerima beban normal tarik. (Marwan dan Isdarmanu, 2006)

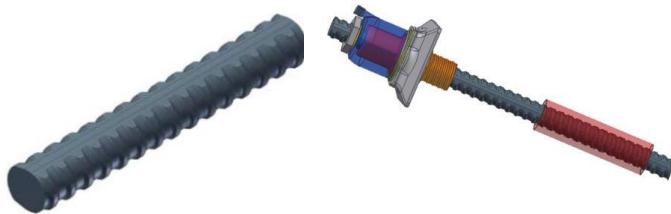
#### 2. Struktur Batang Tekan

Struktur tekan adalah bagian struktur yang menerima gaya normal tekan. Beban yang cenderung membuat batang bertambah pendek akan menghasilkan tegangan tekan pada batang tersebut. (Marwan dan Isdarmanu, 2006)

#### 3. Kabel Penggantung

Hanger/penggantung direncanakan menggunakan tipe rod (baja bulat berulir). Dalam perencanaannya, akan digunakan spesifikasi hanger pabrikan *DYWIDAG Prestressing System using Bars* (lihat Gambar3.7).





Gambar 3.7 Ilustrasi Batang Penggantung (Threadbar)

Sumber: *DYWIDAG Prestressing System Brochure*

Tabel 3.4 Spesifikasi Threadbar untuk penggantung busur

Technical data		THREADBAR*						Plain bar	
Designation	—	26 WR	32 WR	36 WR	40 WR	47 WR	—	32 WS	36 WS
Nominal diameter	$d_n$ mm	26.5	32	36	40	47	—	32	36
Cross section area	$S_n$ mm <sup>2</sup>	552	804	1018	1257	1735	—	804	1018
Nominal mass per metre	$M$ kg/m	4.48 <sup>1)</sup>	6.53 <sup>1)</sup>	8.27 <sup>1)</sup>	10.21 <sup>1)</sup>	14.10 <sup>1)</sup>	—	6.31	7.99
Pitch	$c$ mm	13	16	18	20	21	—	3.0	3.0
Characteristic breaking load	$F_{tk}$ kN	580	845	1070	1320	1820	—	845	1070
Max. initial stressing force $P_{s0,max} = S_n \times 0.8 \times f_{tk}$	kN	464	676	856	1056	1456	—	676	856
Max. overstraining force $P_{s0,max} = S_n \times 0.95 \times f_{tk}$	kN	499	722	912	1130	1567	—	722	912

1) The nominal mass per metre includes 3.5% not load bearing portion of ribs.

Sumber: *DYWIDAG Prestressing System Brochure*

### 3.8 Permodelan Pada SAP

Setelah melalui tahap preliminary desain dan perencanaan pembebanan, dilakukan permodelan struktur jembatan busur box baja kemudian beban yang sudah direncanakan dibebankan pada model jembatan yang telah dibuat serta melakukan analisa struktur jembatan dengan program bantu SAP 2000.

### 3.9 Kontrol Terhadap Gaya Dalam

Dari Run Analysis pada program bantu SAP 2000 di dapat output gaya dalam struktur berupa momen, gaya nominal, dan gaya lintang. Dari gaya yang didapat perlu dilakukan perhitungan kontrol terhadap gaya dalam sesuai SNI 1729:2002 :

Kontrol Kapasitas Tekan

- Mencari angka kelangsingan:

$$\lambda = \left( \frac{K_C \cdot L}{i} \right) \quad (3.7)$$

- Menghitung gaya tekuk elastis:

$$N_{cr} = \left( \frac{V_u}{n \cdot A_b} \right) \quad (3.8)$$

- Menghitung parameter kelangsingan batang baja:

$$\lambda_c = \left( \frac{\lambda}{\pi} \right) \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (3.9)$$

Dimana:

$$\omega = 1 \quad (\text{untuk } \lambda_c \leq 0,25)$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} \quad (\text{untuk } 0,25 < \lambda_c < 1,2)$$

$$\omega = 1,25\lambda_c^2 \quad (\text{untuk } \lambda_c \geq 1)$$

- Kuat nominal:

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y > P_u, \text{ dimana } \phi = 0,9 \quad (3.10)$$

Syarat kuat rencana:

$$\phi P_n \geq P_u \quad \phi = 0,85 \quad (3.11)$$

Kontrol Local Buckling

$$\text{Sayap : } \frac{b}{2 \cdot t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}} \quad (3.12)$$

$$\text{Badan : } \frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \quad (3.13)$$

Kontrol Kapasitas Lateral Buckling

- $L_B$  = Jarak penahan lateral

$$L_p = 1,76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.14)$$

$$L_r = i_y \cdot \left( \frac{x_1}{f_y - f_r} \right) \sqrt{1 + \sqrt{1 + (x_2 \cdot f_L^2)}} \quad (3.15)$$

Dimana :

$$L_B < L_R \quad (\text{bentang pendek})$$

$$L_P \leq L_B \leq L_R \quad (\text{bentang menengah})$$

$$L_B > L_R$$

(bentang panjang)

Kontrol Kapasitas Lentur

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \quad (3.16)$$

Kuat nominal lentur penampang

Bentang pendek :  $M_n = M_p$ 

Bentang menengah :

$$M_n = C_b \cdot \left[ M_R + (M_r - M_R) \frac{L_R - L_B}{L_R - L_r} \right] \quad (3.17)$$

Bentang panjang :  $M_n = M_{CR}$ 

Kontrol Kapasitas Geser

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \quad (3.18)$$

$$V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot f_y \cdot A_w > V_u \quad (3.19)$$

Cek Kapasitas

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8 M_{ux}}{9 \phi M_{nx}} + \frac{8 M_{uy}}{9 \phi M_{ny}} < 1 \quad (3.20)$$

### 3.10 Perhitungan Sambungan

Pada perencanaan sambungan yang digunakan pada tugas akhir kali ini adalah sambungan baut tipe friksi.

Sambungan Tipe Geser

- Kuat geser ( $V_d$ ) =  $\phi f_s^b A_b m$  (3.21)

- Kuat tumpu ( $R_d$ ) =  $\phi 2,4 d_b t_p f_t^b A_b$  (3.22)

- Kuat tarik ( $T_d$ ) =  $\phi f_t^b A_b$  (3.23)

Sambungan Tipe Gesek

- Kuat geser nominal ( $V_n$ ) =  $1,13 \mu m T_b$  (3.24)

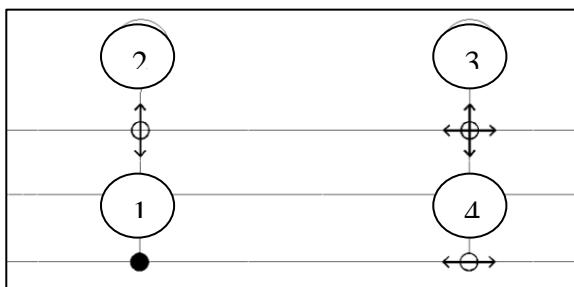
Jumlah Baut Perlu

$$n = \frac{V_n}{V_d} \quad (3.25)$$

### 3.11 Desain Perletakan




Pada perencanaan Jembatan Kali Legi ini akan digunakan landasan jembatan yang berfungsi meneruskan beban dari bangunan atas ke bangunan bawah jembatan. Landasan yang digunakan pada jembatan ini merupakan pelat baja sirkular (*pot bearing*). *Pot bearing* digunakan sebagai perletakan untuk konstruksi yang memiliki beban tinggi, pergeseran (*Deflection*) yang besar dan rotasi yang tinggi. Hal ini dikarena *pot bearing* dapat mengatasi beban vertikal yang cukup besar sementara yang membutuhkan sedikit ruang, terutama dalam hal ketebalan. Dengan penggunaan landasan pot bearing tersebut akan mampu mengakomodasi perpindahan arah akibat beban yang ada.

Desain dari *pot bearing* merupakan elemen pabrikan (lihat Gambar 3.8). Desain ini dipilih berdasarkan sifatnya yang seperti perletakan sendi dan rol yang dibutuhkan untuk jembatan. *Fixed* yang dipasang pada nomor 1 mempunyai sifat dapat menerima gaya vertikal dan horizontal. *Guided Pot* yang dipasang pada nomor 2 mempunyai sifat dapat menerima gaya vertikal dan bisa menerima gaya horizontal memanjang. *Free pot* yang dipasang pada nomor 3 mempunyai sifat dapat menerima gaya vertikal dan tidak bisa menerima gaya horizontal. Dan *Guided Pot* yang dipasang pada nomor 4 mempunyai sifat dapat menerima gaya vertikal dan bisa menerima gaya horizontal melintang.



Gambar 3.8 Denah Penempatan Posisi Pot Bearing Modifikasi Jembatan Kali Legi

Dimana :

-  : pot bearing tipe *guided pot*  
 : pot bearing tipe fixed (memungkinkan tidak adanya gerakan)  
 : pot bearing tipe *free pot* (memungkinkan 2 gerakan arah lateral )

### 3.12 Perhitungan Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang itu sendiri dengan jalan menyerap lendutan. Pondasi tiang ini dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal dari tiang pancang tersebut dengan tumpuan pondasi.

Daya dukung suatu tiang harus ditinjau berdasarkan kekuatan tanah tempat tiang ditanam. Hasil daya dukung yang terendah adalah yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Berikut adalah rumus daya dukung Meyerhof yang telah dimodifikasi oleh WIKA :

$$Q_L = 40 N A_p + \left( \frac{A_s N_{av}}{5} \right) \quad (3.26)$$

Dimana :

- $Q_L$  = daya dukung tanah maksimum (ton)  
 $N$  = harga SPT di dasar pondasi  
 $N_{av}$  = harga  $N$  rata – rata disepanjang tiang yang terbenam  
 $A_p$  = luas penampang tiang pancang  
 $A_s$  = luas keliling tiang pancang

Untuk perhitungan daya dukung tiang dalam kelompok, harus dikoreksi terlebih dahulu dengan apa yang disebut koefisien efisiensi.

$$Q_{kel} = Q_{ijin} \text{ 1 tiang } \times n \times \eta \quad (3.27)$$

Dengan,

$$\eta = 1 - \left( \arctg \left( \frac{D}{S} \right) \left( \frac{(m-1)n + (n-1)m}{90 mn} \right) \right) \quad (3.28)$$

Dimana :

- n = jumlah tiang dalam kelompok
- $\eta$  = koefisien efisiensi (Converse – Labarre)
- D = diameter sebuah tiang pancang
- S = jarak antar tiang pancang
- m = jumlah baris tiang dalam kelompok

### 3.13 Gambar Hasil Desain

Semua hasil perencanaan Modifikasi Jembatan Kali Legi dituangkan dalam bentuk gambar struktur menggunakan program bantu CAD.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Perencanaan Struktur Sekunder

#### 4.1.1 Perencanaan Tebal Pelat Lantai Kendaraan

##### a. Perencanaan Dimensi Pelat

➤ Data Perencanaan:

- Bentang sumbu panjang ( $l_y$ ) = 5,00 m
- Bentang sumbu pendek ( $l_x$ ) = 1,25 m

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{5}{1,25} = 4 \geq 2 \text{ (one way slab)}$$

Berdasarkan SNI T-12-2004 Pasal 5.5.2. Pelat lantai yang berfungsi sebagai lantai kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum  $t_s$  memenuhi kedua ketentuan:

- $t_s \geq 200 \text{ mm}$
- $t_s \geq (100 + 40 l) \text{ mm}$   
 $\geq (100 + 40 \cdot 1,250) \text{ mm}$   
 $\geq 150 \text{ mm}$

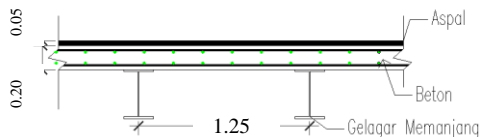
Dengan pengertian :

$l$  = bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan

$t_s$  = tebal slab/pelat

Sehingga direncanakan :

- Tebal = 200 mm
- Tebal aspal = 50 mm (SNI 1725:2016 PsI. 7.3.1)



Gambar 4.1 Potongan Melintang Pelat Lantai Kendaraan



## b. Pembebanan Pelat Lantai Kendaraan

Pembebanan pada pelat lantai kendaraan menggunakan kombinasi antara beban mati dan beban hidup.

### ➤ Faktor Beban

- Beton cor ditempat  $\rightarrow K_{MS}^u = 1,3$   
(Tabel 3-SNI 1725:2016)
- Muatan Truk  $\rightarrow K_{TT}^u = 2$   
(Tabel 13-SNI 1725:2016)
- $\gamma_{\text{Beton } 35\text{MPa}} = 22 + 0,022 F_c'$   
 $= 22 + 0,022 \cdot 35$   
 $= 22,77 \text{ kN/m}^3$   
 (Tabel 2-SNI 1725:2016)
- $\gamma_{\text{Baja}} = 78,5 \text{ kN/m}^3$   
(Tabel 2-SNI 1725:2016)
- $\gamma_{\text{Aspal}} = 22 \text{ kN/m}^3$   
(Tabel 2-SNI 1725:2016)

### ➤ Pembebanan

#### a. Beban mati (dihitung per 1 m panjang)

- Berat sendiri pelat  $= t_s \times \gamma_{\text{beton}} \times 1 \text{ m} \times K_{MS}^u$   
 $= 0,2 \text{ m} \times 2277 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ m}$   
 $\times 1,3$   
 $= 592,02 \text{ kg/m}$
- Berat aspal  $= t_{\text{aspal}} \times \gamma_{\text{aspal}} \times 1 \text{ m} \times K_{MS}^u$   
 $= 0,05 \text{ m} \times 2200 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ m}$   
 $\times 1,3$   
 $= 143,0 \text{ kg/m}$

Total Beban mati ( $q_D$ ) = 735,02 kg/m

#### b. Beban hidup

Menurut SNI 1725:2016 ps. 8.4.1

- Beban Terbagi Rata
- Uniformly Distributed Load (BTR)  
 $L > 30 \text{ m}$  ;

$$q_{\text{BTR}} = 9 \times \left( 0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{BTR}} = 9 \times \left( 0,5 + \frac{15}{100} \right) = 5,85 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} q &= q_{\text{BTR}} \\ &= 5,85 \text{ kN/m}^2 \times 1 \text{ m} \times 2 \rightarrow \text{Faktor Beban} = 2 \\ &= 11,7 \text{ kN/m} = 1170 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- **Beban Garis Terpusat**

- **Knife Edge Load (BGT)**

DLA = 30 % untuk  $L > 90 \text{ m}$

$P_{\text{BGT}} = 49 \text{ kN/m}$

$$\begin{aligned} P &= P_{\text{BGT}} (1 + \text{DLA}) \\ &= 49 \text{ kN/m} (1 + 0,3) \times 2 \rightarrow \text{Faktor Beban} = 2 \\ &= 127,4 \text{ kN/m} = 12991,18 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

- **Beban Truk**

$$\text{Beban truk "T"} = 112,5 \text{ kN} = 11,25 \text{ Ton} = 11250 \text{ kg}$$

Faktor kejut (DLA = *Dynamic Load Allowance*)

= 0,3 ..... (SNI 1725:2016 Gambar 28) untuk bentang  $L \geq 90 \text{ m}$

$$\begin{aligned} T_u &= 11250 \text{ kg} \times (1 + 0,3) \times 2 \\ &= 29250 \text{ kg} \end{aligned}$$

Total Beban Hidup ( $q_L$ ) = 29250 kg

### c. **Perhitungan Momen**

Perhitungan momen-momen arah melintang (bentang pendek) akibat beban mati dan beban hidup dapat dilihat sebagai berikut:

➤ **Momen akibat beban mati**

$$\begin{aligned} M_D &= (1/10) \times q_D \times b l^2 \\ &= (1/10) \times 735,02 \text{ kg/m} \times (1,25 \text{ m})^2 \\ &= 114,80 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

➤ **Momen akibat beban lajur**

$$\begin{aligned} M_L &= (1/10) \times q_D \times b l^2 \\ &= (1/10) \times (1170 + 12991,18) \text{kg/m} \times (1,25 \text{ m})^2 \\ &= 2212,68 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

➤ **Momen akibat beban Truk**

$$\begin{aligned} M_T &= 0,8 \times (b l + 0,6) T_u / 10 \\ &= 0,8 \times (1,25 \text{m} + 0,6) 29250 \text{ kg/10} \\ &= 4329 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Momen total merupakan hasil penjumlahan dari momen akibat beban mati dan momen akibat beban truk, karena momen terbesar beban hidup berasal dari momen beban truk.

$$\begin{aligned} M_u &= M_D + M_T \\ &= 114,80 \text{ kg.m} + 4329 \text{ kg.m} = 4443,80 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

#### 4.1.2 Perhitungan Penulangan

➤ **Data Perencanaan:**

- $f_y$  = 390 Mpa
- $f_c'$  = 35 Mpa
- $\beta_1$  =  $0,85 - 0,008 \times (f_c' - 35)$   
 $= 0,85 - 0,008 \times (35 - 35) = 0,81$   
(RSNI T-12-2004 Pasal 5.1.1) dan tidak boleh diambil kurang dari 0,65
- $d'$  = 40 mm (RSNI T-12-2004 Tabel 4.6-7)
- $t_s$  = 200 mm
- $\phi_{\text{lentur}}$  = 0,8 (RSNI T-12-2004 Tabel 4.5-2)
- $\phi_{\text{geser}}$  = 0,7 (RSNI T-12-2004 Tabel 4.5-2)
- $b$  = 1000 mm
- Diameter tulangan  $\rightarrow D$  = 16 mm  
 $\rightarrow \emptyset$  = 13 mm
- $d_x = t_s - d' - (1/2) D$   
 $= 200 \text{mm} - 40 \text{mm} - (1/2) 16 \text{mm}$

$$\begin{aligned}
 &= 152 \text{ mm} \\
 \bullet \quad d_y &= t_s - d' - D - (1/2) D \\
 &= 200\text{mm} - 40\text{mm} - 16\text{mm} - (1/2) 13\text{mm} \\
 &= 139 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**a. Perhitungan Penulangan Melintang**

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 f_c' \beta_1 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,81 \left( \frac{600}{600 + 390} \right)}{390}
 \end{aligned}$$

$$= 0,0374$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y = 1,4 / 390 = 0,00359$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 \times 0,0374 = 0,0281$$

(SNI 2847:2013 Pasal B.8.4.2)

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{390}{0,85 \cdot 35} = 13,109$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{44438468,75}{0,8} = 55548100 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d_x^2} = \frac{55548100 \text{ Nmm}}{1000 (152 \text{ mm})^2} = 2,404 \text{ N/mm}^2 (\text{Mpa})$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \frac{2 m R_n}{f_y} \right) = \frac{1}{13,1} \left( 1 - \frac{2 \cdot 13,1 \cdot 2,4}{390} \right) = 0,0064$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0064 < 0,0281 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_x \\
 &= 0,0064 \times 1000 \times 152 = 978,319 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &\leq 2 \cdot h \\
 &\leq 2 \cdot 200 \text{ mm} \\
 &\leq 400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan D16, sehingga jarak antar tulangan:

$$S = \frac{0,25 \pi D^2 b}{A_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \pi 16^2 1000}{978,319 \text{ mm}} = 205,52 \text{ mm}$$

$$S = 200 \text{ mm} < 500 \text{ mm (OK)}$$

$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D16-200 mm

$$A_{S_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \pi D^2 b}{S_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \pi 16^2 1000}{200 \text{ mm}} = 1005,31 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 1005,31 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} = 978,319 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

#### **b. Perhitungan Penulangan Memanjang**

Tulangan susut dan suhu

$$\begin{aligned}
 A_s &= 0,002 \times b \times d_y \\
 &= 0,002 \times 1000 \times 139 \text{ mm} = 278 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak antar tulangan yang diperlukan

$$S_{\text{perlu}} = \frac{0,25 \pi \phi^2 b}{A_s} = \frac{0,25 \pi 13^2 1000}{278 \text{ mm}^2} = 488,18 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 5 h \text{ atau } \leq 450 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2)

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &\leq 5 h \\
 &\leq 5 \times 200 \text{ mm} \\
 &\leq 1000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{perlu}} = 353,77 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 450 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan Ø13-450mm

$$A_{S_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \pi \phi^2 b}{S_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \pi 13^2 1000}{450 \text{ mm}} = 295,08 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{pakai}} = 295,08 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ susut}} = 272 \text{ mm}^2 (\text{OK})$$

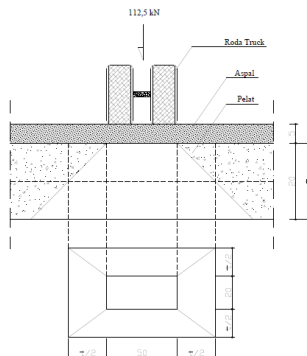
**c. Kontrol Geser (Pons) Pelat Lantai**

Perencanaan penampang akibat geser didasarkan pada roda tengah. Dengan  $V_n < \phi V_c$  Dimana:

$V_n$  = gaya geser nominal terfaktor pada penampang yang ditinjau

$V_c$  = kuat geser nominal beton tanpa memperhitungkan tulangan geser

Muatan 'T' diambil sebesar  $P = 112,5 \text{ kN}$  dengan luas bidang kontak roda  $500 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$  seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.2 Bidang Kritis Pada Pelat Lantai Kendaraan

- Keliling Kritis

$$U = 2 (b_0 + d_0)$$

$$= 2 [(0,5 \times 20 + 75 + 0,5 \times 20) + (0,5 \times 20 + 25 + 0,5 \times 20)]$$

$$= 2 (70 \text{ cm} + 40 \text{ cm})$$

$$= 280 \text{ cm}$$

- Gaya Geser Ultimate

$$V_U = K_{TT}^U \times 'T' \times (1 + DLA)$$

$$= 2 \times 112,5 \text{ kN} \times (1 + 0,3)$$

$$= 292,5 \text{ kN}$$

$$V_c = (1/6) \sqrt{f_c'} b_w d = (1/6) \sqrt{35} 2800 \text{ mm } 200 \text{ mm}$$

$$= 552167,45 \text{ N} = 552,17 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,7 \times 552,17 \text{ N} = 386,519 \text{ kN}$$

- Kontrol

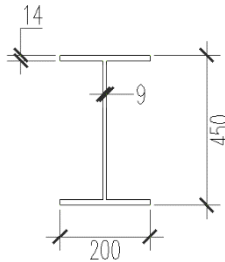
$$V_u < \phi V_c$$

$$292,5 \text{ kN} < 386,519 \text{ kN (OK)}$$

Dari hasil analisa perhitungan diatas, didapat bahwa besarnya beban  $\phi V_c > V_u$ , maka pelat lantai kendaraan cukup kuat untuk menerima beban roda truk terkonsentrasi pada tengah bentang pelat lantai kendaraan.

#### 4.1.3 Perencanaan Balok Memanjang

- Direncanakan menggunakan Profil: WF 450.200.9.14



Gambar 4.3 Profil Balok Memanjang

$$A = 96,76 \text{ cm}^2$$

$$w = 76 \text{ kg/m} = 0,760 \text{ kN/m}$$

$$Z_x = 1490 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 187 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 33500 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 1870 \text{ cm}^4$$

$$i_x = 18,6 \text{ cm}$$

$$i_y = 4,4 \text{ cm}$$

$$r = 18 \text{ mm}$$

$$d = 450 \text{ mm}$$

$$t_w = 9 \text{ mm}$$

$$t_f = 14 \text{ mm}$$

$$h = d - 2(t_f + r) = 386 \text{ mm}$$

➤ Data Bahan:

$$\begin{aligned} \text{BJ} &= 50 \\ f_y &= 2900 \text{ kg/cm}^2 \\ f_u &= 5000 \text{ kg/cm}^2 \\ E &= 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

➤ Pembebanan:

a. Beban mati

- Beban pelat beton

$$\begin{aligned} &= t_{\text{plat}} \times \gamma_{\text{beton}} \times b l \\ &= 0,20 \text{ m} \times 22,77 \text{ kN/m}^3 \times 1,25 \text{ m} \\ &= 5,69 \text{ kN/m} \quad \rightarrow \text{Faktor beban} = 1,3 \\ &(\text{SNI 1725:2016 Tabel 3}) \end{aligned}$$

- Beban aspal

Lapisan aspal harus direncanakan untuk pelapisan kembali setebal 50 mm yang ditambahkan pada lapisan awal (RSNI T-02 2005 p. 5.3.2).

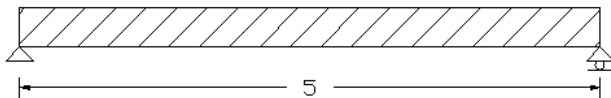
$$\begin{aligned} &= t_{\text{aspal}} \times \gamma_{\text{aspal}} \times b l \\ &= 0,05 \text{ m} \times 22 \text{ kN/m}^3 \times 1,25 \text{ m} \\ &= 1,38 \text{ kN/m} \quad \rightarrow \text{Faktor beban} = 1,3 \end{aligned}$$

- Beban bekisting

$$\begin{aligned} &= 0,5 \text{ kN/m} \times b l \\ &= 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 1,25 \text{ m} \\ &= 0,625 \text{ kN/m} \quad \rightarrow \text{Faktor beban} = 1,4 \end{aligned}$$

- Beban sendiri profil

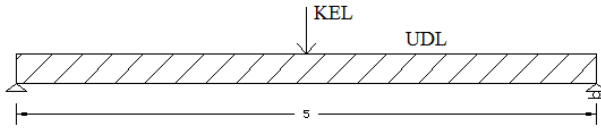
$$= 0,760 \text{ kN/m} \quad \rightarrow \text{Faktor beban} = 1,1$$



Gambar 4.4 Pembebanan pada beban mati



## b. Beban hidup



Gambar 4.5 Pembebanan BTR dan BGT pada gelagar memanjang

- Uniformly Distributed Load (BTR)  
 $L > 30 \text{ m}$  ;

$$q \text{ BTR} = 9 \times \left( 0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kN/m}^2$$

$$q \text{ BTR} = 9 \times \left( 0,5 + \frac{15}{100} \right) = 5,85 \text{ kN/m}^2$$

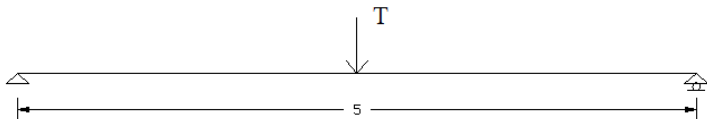
$$\begin{aligned} q &= q_{\text{BTR}} \times b_1 \\ &= 5,85 \text{ kN/m}^2 \times 1,25 \text{ m} \\ &= 7,31 \text{ kN/m} \end{aligned} \quad \rightarrow \text{Faktor Beban} = 2$$

- Knife Edge Load (BGT)  
 $\text{DLA} = 30 \% \text{ untuk } L > 90 \text{ m}$

$$P_{\text{BGT}} = 49 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} P &= P_{\text{BGT}} (1 + \text{DLA}) \times b_1 \\ &= 49 \text{ kN/m} (1 + 0,3) \times 1,25 \text{ m} \\ &= 79,625 \text{ kN} \end{aligned} \quad \rightarrow \text{Faktor Beban} = 2$$

- Truk (T)



Gambar 4.6 Pembebanan Truk

$$\text{DLA} = 0,3$$

$$T = 112,5 \text{ kN (SNI 1725:2016)}$$

Menurut SNI 1725:2016 Pasal 8.4.1 tentang besarnya beban truk “T” di tentukan:

$$\begin{aligned} T_u &= T \times (1 + DLA) \\ &= 112,5 \text{ kN} \times (1 + 0,3) \\ &= 146,25 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Faktor beban} = 2 \end{aligned}$$

Rekapitulasi pembebanan

Tabel 4.1 Rekapitulasi pembebanan gelagar memanjang

Jenis Beban	Nilai	LF	Total
<b>Beban Mati (DL)</b>			
Beban Pelat beton	5,69 kN/m	1,3	7,4 kN/m
Beban Aspal	1,38 kN/m	1,3	1,79 kN/m
Beban Bekisting	0,63 kN/m	1,4	0,88 kN/m
Beban sendiri profil	0,76 kN/m	1,1	0,84 kN/m
<b>Beban Hidup (DL)</b>			
Beban BTR	7,31 kN/m	2	14,62 kN/m
Beban BGT	79,625 kN	2	159,25 kN
Beban Truk	146,25 kN	2	292,5 kN

**a. Hasil Analisa Perhitungan Momen**

➤ Momen akibat beban mati :

$$\begin{aligned} Q_{\text{Total}} &= 7,4 \text{ kN/m} + 1,79 \text{ kN/m} + 0,88 \text{ kN/m} + \\ &\quad 0,84 \text{ kN/m} \\ &= 10,9 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{DL}} &= \frac{1}{8} \times Q_{\text{total}} \times \lambda^2 = \frac{1}{8} \times 10,9 \text{ kN/m} \times (5\text{m})^2 \\ &= 34,07 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

➤ Momen akibat beban hidup :

Momen akibat beban BTR dan BGT :

$$M_L = \frac{1}{8} \times q \times \lambda^2 + \frac{1}{4} \times P \times \lambda$$

$$= \frac{1}{8} \times 14,62 \text{ kN/m} \times (5 \text{ m})^2 +$$

$$\frac{1}{4} \times 159,25 \text{ kN} \times 5 \text{ m} = 244,75 \text{ kNm}$$

Momen akibat beban Truk :

$$M_T = \frac{1}{4} \times P \times \lambda = \frac{1}{4} \times 292,5 \text{ kN} \times 5 \text{ m} = 365,625 \text{ kNm}$$

Karena  $M_L < M_T$ , maka dipakai momen akibat beban Truk yaitu sebesar  $M_T = 365,63 \text{ kNm}$

$$\begin{aligned} M_u &= M_T + M_D \\ &= 365,63 \text{ kNm} + 34,07 \text{ kNm} \\ &= 399,7 \text{ kNm} \end{aligned}$$

**b. Analisa Kapasitas Penampang Balok Menganjang**

Analisa kapasitas penampang untuk mengetahui kuat lentur, geser dan lendutan.

➤ Tekuk lokal :

- Sayap : (RSNI T-03-2005 tabel B4.1b)

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{200 \text{ mm}}{2 \times 14 \text{ mm}} = 7,140$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{290}} = 9,983$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

- Badan : (RSNI T-03-2005 ps.7.7.1)

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{386 \text{ mm}}{9 \text{ mm}} = 42,9$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{290}} = 98,658$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah  $M_{nx} = M_{px} = Z_x f_y$

$$M_{px} = M_{nx} = Z_x f_y = 1621000 \text{ mm}^3 \times 290 \text{ N/mm}^2 \\ = 470090000 \text{ Nmm} = 470,090 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,90 \times 470,09 \text{ kNm} \\ = 423,081 \text{ kNm} > M_u = 399,7 \text{ kNm}$$

➤ Tekuk lateral :

$$L_b = 500 \text{ cm} = 5000 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 4,4 \text{ cm} \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2900}} \\ = 2033,67 \text{ mm}$$

$$L_R = 564,535 \text{ cm} = 5645,35 \text{ mm} \text{ (Isdarmanu, Marwan. Struktur Baja II Tabel } L_p \text{ dan } L_r)$$

$L_p < L_b < L_r$ : termasuk dalam bentang menengah.

$$M_n = C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \frac{(L_r - L)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$$

$$M_a = M_c = \left( \left( \frac{q \times L}{2} + \frac{P}{2} \right) \times \frac{L}{4} \right) - \left( \frac{1}{2} \times q \times \frac{L}{4} \right)^2 =$$

$$\left( \left( \frac{10,9 \text{ kN/m} \times 5 \text{ m}}{2} + \frac{292,5 \text{ kN}}{2} \right) \times \frac{5 \text{ m}}{4} \right) - \left( \frac{1}{2} \times 10,9 \text{ kN/m} \times \left( \frac{5 \text{ m}}{4} \right)^2 \right)$$

$$M_a = M_c = 208,3665 \text{ kN/m}$$

$$M_b = M_{\max} = \left( \left( \frac{q \times L}{2} + \frac{P}{2} \right) \times \frac{L}{2} \right) - \left( \frac{1}{2} \times q \times \frac{L}{2} \right)^2 =$$

$$\left( \left( \frac{10,9 \text{ kN/m} \times 5 \text{ m}}{2} + \frac{292,5 \text{ kN}}{2} \right) \times \frac{5 \text{ m}}{2} \right) - \left( \frac{1}{2} \times 10,9 \text{ kN/m} \times \left( \frac{5 \text{ m}}{2} \right)^2 \right)$$

$$M_b = M_{\max} = 433,75 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_a + 4M_b + 3M_c} \\
 &= \frac{12,5(433,75)}{2,5(433,75) + 3(208,366) + 4(433,75) + 3(208,366)} \\
 &= 1,33 \\
 M_r &= S_x (f_y - f_r) = 1490000 \text{ mm} (290 - 70) \\
 &= 327800000 \text{ Nmm} = 327,8 \text{ kNm} \\
 M_n &= C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \frac{(L_r - L)}{(L_r - L_p)} \right] \\
 &= 1,33 \left[ 327,8 + (470,09 - 327,8) \frac{(5645,35 - 5000)}{(5645,35 - 2033,67)} \right] \\
 &= 470,6 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Dari tekuk lokal dan lateral, dipilih  $M_n = 470,09 \text{ kNm}$

Kapasitas momen :

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0,90 \times 470,09 \text{ kNm} \\
 &= 423,081 \text{ kNm} > M_u = 399,7 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi.

### c. Kontrol Kapasitas Geser

Gaya geser maksimum terjadi apabila beban hidup berada dekat dengan perletakan.

a. Untuk beban hidup ( $BTR + BGT$ ) :

$$\begin{aligned}
 V_{a_{\max}} &= (P \times 1) + \left( Q_L \times \frac{1}{2} \times \lambda \right) \\
 &= (159,25 \text{ kN} \times 1) + \left( 13,66 \text{ kN/m} \times \frac{1}{2} \times 5 \right) \\
 &= 193,4 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b. Untuk beban T :

$$V_{a_{\max}} = T \times (1 + DLA) \times 1 \times LF$$

$$\begin{aligned}
 &= 112,5 \times (1 + 0,3) \times 1 \times 2 \\
 &= 292,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

c. Untuk beban Qd :

$$\begin{aligned}
 V_{a \max} &= \left( Q_d \times \frac{1}{2} \times \lambda \right) Q_d \text{ tanpa dikalikan LF} \\
 &= \left( 10,9 \text{ kN/m} \times \frac{1}{2} \times 5 \text{ m} \right) \\
 &= 27,25 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Jadi  $V_a$  yang digunakan adalah  $V_a$  akibat beban truk sebesar 292,5 kN (yang terbesar yang menentukan), maka kuat geser sebagai berikut (RSNI T-03-2005 ps.7.8):

Luas penampang badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{386}{9} = 42,89$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} = 5 + \frac{5}{(125 \text{ cm}^2 / 38,6 \text{ cm})} = 5,4$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{\frac{5,4 \times 2 \times 10^5}{290}} = 67,12$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_n \times E}{f_y}}, \text{ maka kuat geser :}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= \phi \times 0,6 \times f_y \times A_w \\
 &= 0,9 \times 0,6 \times 290 \text{ N/mm}^2 \times (450 \text{ mm} \times 9 \text{ mm}) \\
 &= 634230 \text{ N} = 634,23 \text{ kN} \\
 &= 634,23 \text{ kN} \geq 292,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan geser yang terjadi.

**d. Interaksi Geser dan Lentur**

Jika momen lentur dianggap dipikul oleh seluruh penampang, maka gelagar harus direncanakan untuk memikul kombinasi lentur dan geser (RSNI T-03-2005 ps.7.9.3), yaitu :

$$\frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{399,7 \text{ kNm}}{423,081 \text{ kNm}} + 0,625 \frac{292,5 \text{ kN}}{634 \text{ kN}} \leq 1,375$$

$$1,233 < 1,375$$

Maka penampang telah memenuhi interaksi geser dan lentur.

**e. Kontrol Lendutan**

Lendutan dianalisa berdasarkan kemampuan layan akibat beban hidup untuk gelagar memanjang. Menurut RSNI T-03-2005 ps.4.7.2 menyatakan lendutan maksimum gelagar diatas dua tumpuan adalah  $L/800$ .

$$\delta_{\text{ijin}} = 500/800 = 0,63 \text{ cm}$$

a. Lendutan akibat beban hidup ( BTR + BGT):

$$\begin{aligned} \delta_{(\text{udl} + \text{kel})} &= \frac{5}{384} \times \frac{q_L \lambda^4}{E I_x} + \frac{1}{48} \times \frac{P_1 \lambda^3}{E I_x} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{7,31 \times (500)^4}{2 \times 10^6 \times 33500} + \frac{1}{48} \times \frac{7962,5 \times (500)^3}{2 \times 10^6 \times 33500} \\ &= 0,43 \text{ cm} \end{aligned}$$

b. Lendutan akibat beban truck :

$$\delta_{(T)} = \frac{1}{48} \times \frac{P_T \lambda^3}{E I_x}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{48} \times \frac{14625 \times (500)^3}{2 \times 10^6 \times 33500} \\
 &= 0,568 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

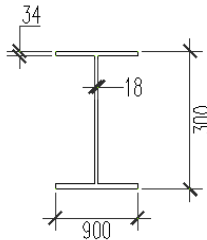
Dipakai beban dari lendutan yang lebih besar yaitu akibat beban Truk= 0,568cm

$$\text{Syarat: } \delta_{(T)} \leq \delta_{\text{ijin}}$$

$$0,568 \leq 0,63(\text{OK})$$

#### 4.1.6 Perencanaan Balok Melintang

➤ Direncanakan menggunakan Profil: WF 900.300.18.34



Gambar 4.7 Profil Balok Melintang

$$\begin{aligned}
 A &= 364 \text{ cm}^2 \\
 w &= 286 \text{ kg/m} = 2,84 \text{ kN/m} \\
 Z_x &= 10900 \text{ cm}^3 \\
 I_x &= 498000 \text{ cm}^4 \\
 I_y &= 15700 \text{ cm}^4 \\
 r &= 28 \text{ mm} \\
 d &= 900 \text{ mm} \\
 b &= 300 \text{ mm} \\
 t_w &= 18 \text{ mm} \\
 t_f &= 34 \text{ mm} \\
 h &= d - 2(t_f + r) = 776 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

➤ Data Bahan:

$$\text{BJ} \quad 50$$



$$\begin{aligned}
 f_y &= 2900 \text{ kg/cm}^2 \\
 f_u &= 5000 \text{ kg/cm}^2 \\
 E &= 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

### a. Hasil Analisa Perhitungan Momen

#### ➤ Pembebanan:

Sebelum komposit

##### a. Beban mati

- Balok memanjang

$$\begin{aligned}
 &= (W \times \lambda / b_1) \times LF \\
 &= (0,76 \times 5 / 1,25) \times 1,1 = 3,34 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

- Beban sendiri profil (balok melintang)

$$\begin{aligned}
 &= \text{berat profil} \times LF \\
 &= 2,86 \text{ kN/m} \times 1,1 = 3,15 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

- Beban pelat beton

$$\begin{aligned}
 &= t_{\text{plat}} \times \gamma_{\text{beton}} \times \lambda \times K_u^{\text{MS}} \\
 &= 0,20 \text{ m} \times 22,77 \text{ kN/m}^3 \times 5 \text{ m} \times 1,3 = 29,6 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

- Beban bekisting

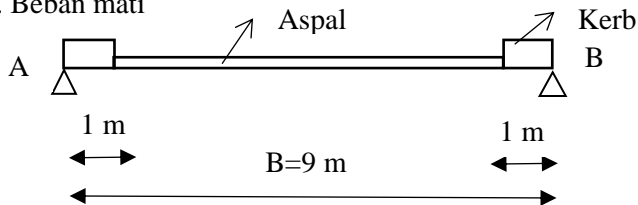
$$\begin{aligned}
 &= 0,5 \text{ kN/m} \times \lambda \times LF \\
 &= 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 5 \text{ m} \times 1,4 = 3,5 \text{ kN/m} + \\
 &Q_{D1} = 39,59 \text{ kN/m} \\
 &= 3959 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Q1} &= 1/8 \times Q_{D1} \times B^2 \\
 &= 1/8 \times 39,59 \text{ kN/m} \times (9\text{m})^2 \\
 &= 400,85 \text{ kNm} = 4008588,75 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{Q1} &= 1/2 \times Q_{D1} \times B \\
 &= 1/2 \times 39,59 \text{ kN/m} \times 9\text{m} \\
 &= 178,15 \text{ kN} = 17815,95 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Setelah komposit

##### a. Beban mati



### Gambar 4.8 Pembebanan gelagar melintang

- Berat Aspal

$$= t_{\text{aspal}} \times \gamma_{\text{aspal}} \times \lambda \times \text{LF} \\ = 0,05 \text{ m} \times 22 \text{ kN/m}^3 \times 5 \text{ m} \times 1,3 = 7,15 \text{ kN/m}$$

- Berat kerb

$$= t_{\text{kerb}} \times \gamma_{\text{beton}} \times \lambda \times \text{LF} \\ = 0,2 \text{ m} \times 22,77 \text{ kN/m}^3 \times 5 \text{ m} \times 1,3 = 29,6 \text{ kN/m} + \\ Q_{D2} = 36,75 \text{ kN/m} \\ = 3675 \text{ kg/m}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$V_a \cdot 9 \text{ m} = (29,6 \text{ kN/m} \times 1 \text{ m}) \times 8,5 \text{ m} + (7,15 \text{ kN/m} \times 7 \text{ m}) \times 4,5 \text{ m} + (29,6 \text{ kN/m} \times 1 \text{ m}) \times 0,5 \text{ m}$$

$$V_a \cdot 9 \text{ m} = 251,6 \text{ kN.m} + 225,225 \text{ kN.m} + 14,8 \text{ kN.m}$$

$$V_a \cdot 9 \text{ m} = 491,625 \text{ kN.m}$$

$$V_a = 54,62 \text{ kN} = 5462,5 \text{ kg}$$

$$M_{Q2} = (V_a \times 4,5 \text{ m}) - (29,6 \text{ kN/m} \times 1 \text{ m} \times 5 \text{ m}) - (7,15 \text{ kN/m} \cdot 3,5 \text{ m} \cdot 1,75 \text{ m}) \\ = (54,62 \text{ kN} \times 7 \text{ m}) - 148 \text{ kN.m} - 43,794 \text{ kN.m} \\ = 54,01 \text{ kN.m} = 5401 \text{ kg.m}$$

b. Beban hidup

- Beban hidup merata (BTR)

(SNI 1725:2016 ps. 8.3.1)

$L > 30 \text{ m}$  ;

$$q_{\text{BTR}} = 9 \times \left( 0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kN/m}^2$$

$L = 100 \text{ m}$ , maka :

$$q_{\text{BTR}} = 9 \times \left( 0,5 + \frac{15}{100} \right) = 5,85 \text{ kN/m}^2$$

$$q = q_{\text{BTR}} \times \lambda \times K_u^{\text{TD}}$$

$$= 5,85 \text{ kN/m}^2 \times 5 \text{ m} \times 2$$

$$= 58,5 \text{ kN/m} = 5850 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup Garis (BGT)

DLA = 30 % untuk L = 100 m

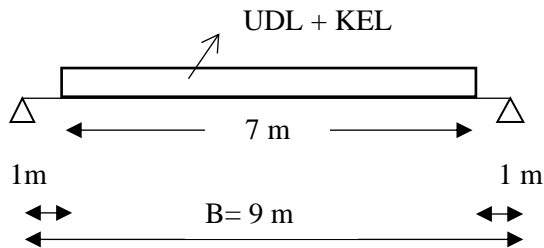
(SNI 1725:2016 Gambar 28)

P BGT = 49 kN/m

P = PBGT (1 + DLA) x  $K_{TD}^u$

$$= 49 \text{ kN/m} (1 + 0,3) \times 2$$

$$= 127,4 \text{ kN/m} = 12740 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.9 Pembebanan akibat beban BTR dan BGT

Beban D (q) = Beban BTR + Beban BGT

$$= 58,5 \text{ kN/m} + 127,4 \text{ kN/m} = 185,9 \text{ kN/m}$$

$$V_a = q \times 12,5 \text{ m} \times 0,5$$

$$= 185,9 \text{ kN/m} \times 7 \text{ m} \times 0,5$$

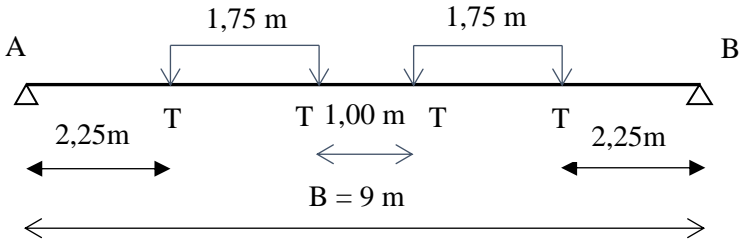
$$= 650,65 \text{ kN.m}$$

$$M_{\max} = (V_a \times 4,5\text{m}) - (q \times 3,5\text{m} \times 1,75\text{m})$$

$$= (650,65 \text{ kN.m} \times 4,5\text{m}) - (185,9 \text{ kN/m} \times 3,5\text{m} \times 1,75\text{m})$$

$$= 1789,28 \text{ kN.m}$$

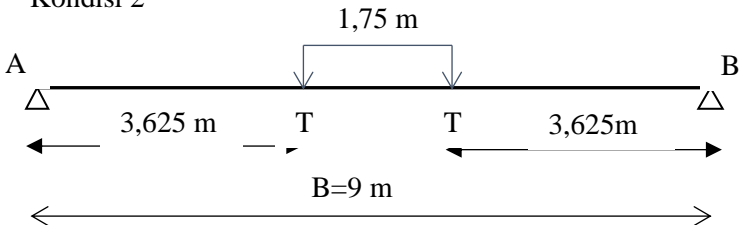
- Beban Truk “T”  
Kondisi 1



Gambar 4.10 Pembebanan akibat beban Truk (Kondisi 1)

$$\begin{aligned}
 T &= 112,5 \text{ kN} \\
 T_u &= T \times (1+0,3) \times K_{TT}^u \\
 &= 112,5 \text{ kN} \times (1+0,3) \times 2 = 292,5 \text{ kN} \\
 \sum M_B &= 0 \\
 V_a \cdot 9 \text{ m} &= T_u (6,75 \text{ m} + 5 \text{ m} + 4 \text{ m} + 2,25 \text{ m}) \\
 V_a \cdot 9 \text{ m} &= 292,5 \text{ kN} \times 18 \text{ m} \\
 V_a &= (5265 \text{ kN.m} / 9 \text{ m}) \\
 &= 585 \text{ kN} \\
 M_{\max} &= (V_a \times 4,5 \text{ m}) - T_u (2,25 \text{ m} + 0,5 \text{ m}) \\
 &= (585 \text{ kN} \times 4,5 \text{ m}) - (292,5 \text{ kN} \times 2,25 \text{ m}) \\
 M_{\max} &= 1828,12 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Kondisi 2



Gambar 4.11 Pembebanan akibat beban Truk (Kondisi 2)

$$\begin{aligned}
 \sum M_B &= 0 \\
 V_a \cdot 9 \text{ m} &= T_u (5,375 \text{ m} + 3,625 \text{ m})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_a \cdot 9 \text{ m} &= 292,5 \text{ kN} \times 9 \text{ m} \\
 V_a &= 292,5 \text{ kN} \\
 M_{\max} &= (V_a \times 4,5 \text{ m}) - (T_u \times 0,875 \text{ m}) \\
 &= (292,5 \text{ kN} \times 4,5 \text{ m}) - (292,5 \text{ kN} \times 0,875 \text{ m}) \\
 M_{\max} &= 1060,3 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Sehingga untuk beban, sebelum komposit digunakan momen 400,85 kNm, dan untuk setelah komposit digunakan momen ultimate sebesar dari beban truk, yaitu 1828,12 kN.m

$$\begin{aligned}
 M_u &= M_{Q1} + M_{Q2} + M_T \\
 &= 400,85 \text{ kNm} + 54,01 \text{ kN.m} + 1828,12 \text{ kN.m} \\
 &= 2282,98 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

#### b. Analisa Kapasitas Penampang Balok Melintang

Analisa kapasitas penampang untuk mengetahui kuat lentur, geser dan lendutan.

Kontrol kapasitas lentur

➤ Tekuk lokal :

- Sayap : (RSNI T-03-2005 ps.7.4.2)

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 34} = 4,42$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{290}} = 9,98$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} = \frac{370}{\sqrt{290 - 70}} = 24,945$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

- Badan : (RSNI T-03-2005 ps.7.7.1)

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{776 \text{ mm}}{18 \text{ mm}} = 43,11$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{290}} = 98,653$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} = \frac{2550}{\sqrt{290}} = 132,12$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah  $M_n = M_p = Z_x f_y$

$$Z_x = 10900 \text{ cm}^3 = 10900000 \text{ mm}^3$$

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times f_y = 10900000 \text{ mm}^3 \times 290 \text{ N/mm}^2 \\ &= 3161000000 \text{ Nmm} = 3161 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- Tekuk lateral : (RSNI T-03-2005: tabel 8)

$L = 600 \text{ mm}$  (jarak maksimum antar sheer connector)

$$f_r = 70 \text{ Mpa}$$

$$f_L = f_y - f_r = 290 \text{ Mpa} - 70 \text{ Mpa} = 220 \text{ Mpa}$$

$$E = 200000 \text{ Mpa}$$

$$G = 80000 \text{ Mpa}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \times 5,56 \text{ mm} \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2900}} = 256,98 \text{ cm}$$

$$= 2569,82 \text{ mm}$$

$$L_R = 898,71 \text{ cm} = 8987,1 \text{ mm} \text{ (Isdarmanu, Marwan. Struktur Baja II Tabel } L_p \text{ dan } L_r)$$

$L_b < L_p$  : termasuk dalam bentang pendek.

Maka kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur :

$$M_n = M_p$$

(RSNI T-03-2005 Pasal 7.3.3)

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times f_y = 10900000 \text{ mm}^3 \times 290 \text{ N/mm}^2 \\ &= 3161000000 \text{ Nmm} = 3161 \text{ kNm} \end{aligned}$$

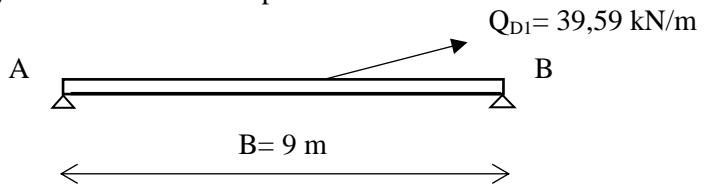
Kapasitas momen :

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,90 \times 3161 \text{ kNm} \\ &= 2844,9 \text{ kNm} > M_u = 400,85 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi.

**c. Kontrol kapasitas geser**

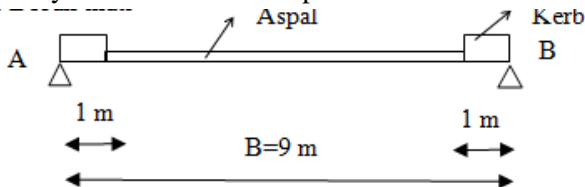
1. Gaya Geser sebelum komposit



Gambar 4.12 Beban merata geser sebelum komposit

$$\begin{aligned} V_{D1} &= 0,5 \times Q_{D1} \times B \\ &= 0,5 \times 39,59 \text{ kN/m} \times 9 \text{ m} \\ &= 178,155 \text{ kN} = 17815 \text{ kg} \end{aligned}$$

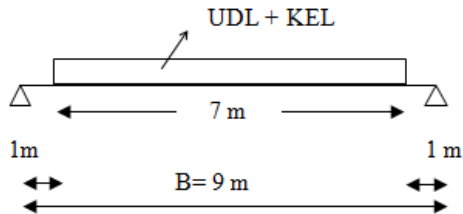
2. Gaya Geser setelah komposit



Gambar 4.13 Beban merata geser setelah komposit

$$\begin{aligned}
 V_{D2} &= 0,5 \times ((Q_{Aspal} \times 12,5m) + (Q_{Kerb} \times 1,5m)) \\
 V_{D2} &= 0,5 \times ((7,15 \text{ kN/m} \times 7m) + (29,6 \text{ kN/m} \times 2m)) \\
 V_{D2} &= 54,625 \text{ kN} = 5462,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3. Gaya geser akibat BTR dan BGT tidak simetris



Gambar 4.14 Gaya geser akibat BTR dan BGT tidak simetris

$$\begin{aligned}
 V_a &= q \times 7 \text{ m} \times 0,5 \\
 &= 185,9 \text{ kN/m} \times 7 \text{ m} \times 0,5 \\
 &= 650,65 \text{ kN.m} \\
 \text{Maka } V_u &= V_{D1} + V_{a\text{BTR+KEL}} \\
 &= 178,15 + 650,65 \\
 V_u &= 828,8 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Jadi V yang digunakan adalah  $V_u$  akibat beban BTR + BGT + beban mati sebelum komposit sebesar 828,8kN (yang terbesar yang menentukan), maka kuat geser sebagai berikut (LRFD 5.21):

Luas penampang badan

$$\frac{h}{tw} < \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{776}{18} \leq \frac{1100}{\sqrt{290}}$$

$$43,11 \leq 64,59 \text{ (Geser Plastis)}$$

maka kuat geser :



$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= \phi \times 0.6 \times f_y \times d \times t_w \\
 &= 0,9 \times 0,6 \times 290 \times (900 \times 18) \\
 &= 2536920 \text{ N} \\
 &= 2536,92 \text{ kN} \geq 828,8 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan geser yang terjadi.

**d. Interaksi Geser dan Lentur**

Jika momen lentur dianggap dipikul oleh seluruh penampang, maka gelagar harus direncanakan untuk memikul kombinasi lentur dan geser (RSNI T-03-2005 ps.7.9.3), yaitu :

$$\begin{aligned}
 \frac{Mu}{\phi Mn} + 0,625 \frac{Vu}{\phi V_n} &\leq 1,375 \\
 \frac{400,85}{3161} + 0,625 \frac{828,8}{2536,92} &\leq 1,375 \\
 0,33 &< 1,375
 \end{aligned}$$

Maka penampang telah memenuhi interaksi geser dan lentur.

**e. Kontrol Lendutan**

Lendutan dianalisa berdasarkan kemampuan layan akibat beban hidup untuk gelagar melintang. Menurut RSNI T-03-2005 ps. 4.7.2 menyatakan lendutan maksimum gelagar diatas dua tumpuan adalah  $L/800$

$$\delta_{ijin} = 900/800 = 1,125 \text{ cm}$$

a. Lendutan akibat beban hidup(BTR + BGT):

$$\begin{aligned}
 \delta_{(udl + kel)} &= \frac{5}{384} \times \frac{q_L \lambda^4}{E I_x} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{(92,95) \times (9000)^4}{2 \times 10^5 \times 498000000} \\
 &= 0,797 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

b. Lendutan akibat beban truck :

$$\begin{aligned}
 \delta_{(T)} &= \frac{1}{48} \times \frac{P_T \lambda^3}{E I_x} \\
 &= \frac{1}{48} \times \frac{14625 \times (900)^3}{2 \times 10^5 \times 4980000} \\
 &= 0,22 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dipakai beban dari lendutan yang lebih besar yaitu akibat beban BTRBGT=0,797cm

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat: } \delta_{(UDL + KEL)} &\leq \delta_{ijin} \\
 0,797 &\leq 1,125 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

**f. Kontrol Kapasitas Lentur (Sesudah Komposit)**

Menurut SNI T-03-2005 ps. 8.2.1 lebar efektif pelat beton diambil nilai terkecil dari:

- 1/5 Bentang gelagar
- Jarak antar gelagar

Dimana:

$L = 900 \text{ m}$  (panjang bentang)

$\lambda = 5 \text{ m}$  (jarak antar gelagar melintang)

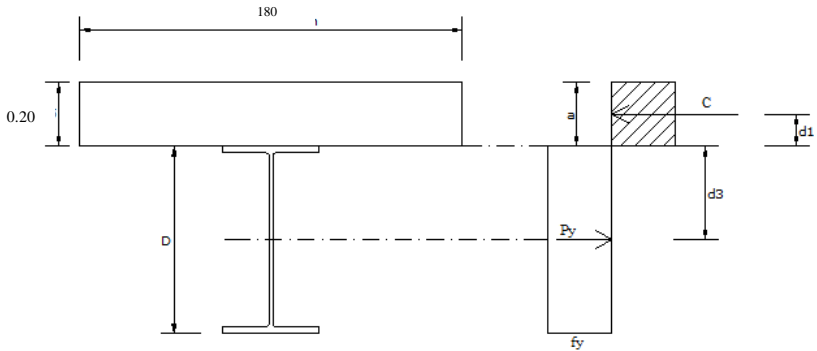
Lebar efektif pelat beton:

$$b_{\text{eff}} \leq \frac{L}{4} = \frac{900}{5} = 180 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq \lambda = 500 \text{ cm}$$

diambil yang terkecil,  $b_{\text{eff}} = 180 \text{ cm}$

$$B_{\text{eff}} = 280 \text{ cm}$$



Gambar 4.15 Distribusi gaya pada penampang

- Kontrol kriteria penampang :

$$\frac{h}{tw} = \frac{776}{18} = 43,1$$

$$\frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{290}} = 98,65$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}} \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena (penampang kompak) maka kapasitas momen penampang dianalisa dengan distribusi tegangan plastis.

- Menentukan garis netral :

$$Ac = beff \times tb = 180 \times 20 = 3600 \text{ cm}^2$$

$$T = A \times fy = 36400 \text{ mm}^2 \times 290 \text{ N/mm}^2 \\ = 10556000 \text{ N}$$

$$C_1 = A \times fy = 364 \times 2900 = 1055600 \text{ Kg}$$

$$C_2 = 0.85 f'c \times Ac = 0.85 \times 350 \times 3600 \\ = 1071000 \text{ N}$$

Sehingga nilai c diambil yang terkecil yaitu

$$C_1 = 1055600 \text{ kg}$$

$$a = \frac{c}{0,85 \times f'_c \times b_{\text{eff}}} = \frac{1055600}{0,85 \times 350 \times 180} = 19,7 \text{ cm}$$

karena  $a < t$  maka sumbu netral berada pada plat beton.

➤ Kapasitas momen :

$$d_1 = t - a/2 = 20 - 19,7/2 = 10,15 \text{ cm}$$

$$d_2 = 0 \text{ mm (Profil baja tidak mengalami tekan)}$$

$$d_3 = d/2 = 90/2 = 45 \text{ cm}$$

$$M_n = C (d_1 + d_2) + T (d_3 - d_2)$$

$$= 1055600 \text{ kg} (10,15 + 0) + 1055600 \text{ kg} (45 - 0)$$

$$= 58216340 \text{ kg.cm}$$

$$\phi M_n = 0,90 \times 58216340 \text{ kg.cm}$$

$$= 42751800 \text{ kg.cm}$$

$$= 4275,18 \text{ kN.m} > M_u = 2282,98 \text{ kNm (OK)}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi sesudah penampang komposit.

#### g. Shear Connector balok melintang

➤ Data-data

$$\text{Tebal slab } h_c = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak } \lambda = b_o = 500 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang bentang } L = 9 \text{ m}$$

➤ Data Material

a. Beton

$$\text{Kuat tekan beton } f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$\text{Modulus Elastisitas (Ec)} = 4700 \sqrt{f'_c} = 27805,5 \text{ Mpa}$$

$$\text{Berat Beton bertulang } W_c = 22,77 \text{ kN/m}^3$$

b. Shear Connector BJ 50

$$\text{Tegangan leleh baja } f_y = 410 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tegangan putus baja } f_u = 550 \text{ Mpa}$$

$$\text{Diameter tulangan } D = 22 \text{ mm}$$

Luas shear connector

$$A_{sc} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380,13 \text{ mm}^2$$

➤ Perhitungan Kemampuan Shear connector

$$Q_n \leq A_{sc} \times f_u$$

$$A_{sc} \times f_u = 380,13 \times 550$$

$$= 209072,99 \text{ N}$$

$$Q_n = 0,5 \times A_{sc} \times (f_c' \times E_c)^{0,5}$$

$$= 0,5 \times 380,13 \times (35 \times 27805,5)^{0,5}$$

$$= 187500 \text{ N} < 209072 \text{ N (OK)}$$

➤ Perhitungan Kebutuhan Shear Connector

Perhitungan kebutuhan shear connector 1 sisi

$$n = \frac{T}{Q_n} = \frac{10556000 \text{ N}}{187500 \text{ N}} = 56,29 = 57 \text{ buah}$$

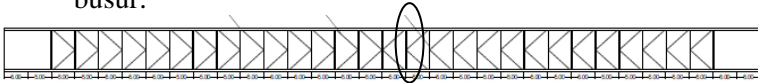
didapat jarak antar shear connector

$$S = \frac{L}{n} = \frac{0,5 \times 10000 \text{ mm}}{57} = 87,7 \text{ mm} = 50 \text{ mm}$$

Maka digunakan shear connector D22 – 50

#### 4.1.7 Ikatan Angin Atas

Bentuk konstruksi ikatan angin atas diasumsikan sebagai konstruksi rangka batang bidang. Dan yang berfungsi sebagai batang horizontal adalah konstruksi busur.



Gambar 4.16 Ikatan angin atas

Adapun ikatan angin atas akan digunakan penampang profil box baja. Untuk satu titik simpul pada sisi yang terkena beban.

##### A. Batang Diagonal

Dari Output SAP didapat :

$$P = 32844,5 \text{ kg(tekan)}$$

Profil yang dipakai : Box 180 x 180 x 6,3 x 6,3

b	: 180 mm	h	: 180 mm	t	: 6,3 mm
A	: 42,41 cm <sup>2</sup>	W	: 33,56 Kg/m	I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	: 2545,86 cm <sup>4</sup>

$$\begin{array}{llll} Z_x=Z_y & : 282,8 \text{ cm}^3 & i_x=i_y & : 6,94 \text{ cm} \\ f_y & : 355 \text{ Mpa} & F_u & : 565 \text{ Mpa} \end{array}$$

### Kontrol Tekan

#### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{180}{6,3} = 28,57$$

$$28,57 < 33,17$$

**OK**

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{355}} = 33,171$$

#### Kontrol Kapasitas Tekan :

- Faktor panjang tekuk ( $K_{cx}$ ) = 1
- Faktor panjang tekuk ( $K_{cy}$ ) = 1
- Panjang batang ( $L_x$ ) = 6,729 m
- Panjang batang ( $L_y$ ) = 6,729 m

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 6,72}{6,94} = 95,721$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 6,72}{6,94} = 95,721$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{95,721}{\pi} \sqrt{\frac{355}{200000}} = 1,284 \quad ; \text{karena } \lambda_c > 1,2$$

maka:

$$\omega = 1,25 \cdot \lambda_c^2 = 1,25 \cdot 1,284^2 = 2,0597$$

Sehingga kuat nominal penampang :

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 42,41 \frac{355}{2,0597} = 73092,33 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 73092,33 = 62128,48 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 62128,48 \text{ Kg} > P_u = 32844,5 \text{ Kg} \quad \textbf{OK}$$

## B. Batang Vertikal

Dari Output SAP didapat :

$$P = -6460,9 \text{ kg (tekan)}$$

$$P = 10921 \text{ kg (tarik)}$$

Profil yang dipakai : Box 180 x 180 x 6,3 x 6,3

b	: 180 mm	h	: 180 mm	t	: 6,3 mm
A	: 42,41 cm <sup>2</sup>	W	: 33,56 Kg/m	I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	: 2545,86 cm <sup>4</sup>
Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	: 282,8 cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	: 6,94 cm	F <sub>u</sub>	: 565 Mpa
f <sub>y</sub>	: 355 Mpa				

### Kontrol Tekan

### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{180}{6,3} = 28,57$$

$$28,57 < 33,17$$

**OK**

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{355}} = 33,171$$

Kontrol Kapasitas Tekan :

- Faktor panjang tekuk (K<sub>cx</sub>) = 1
- Faktor panjang tekuk (K<sub>cy</sub>) = 1
- Panjang batang (L<sub>x</sub>) = 9 m
- Panjang batang (L<sub>y</sub>) = 9 m

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 900}{6,94} = 128,023$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 900}{6,94} = 128,023$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{128,023}{\pi} \sqrt{\frac{355}{200000}} = 1,716 \quad ; \text{karena } \lambda_c > 1,2$$

maka:

$$\omega = 1,25 \cdot \lambda_c^2 = 1,25 \cdot 1,716^2 = 3,685$$

Sehingga kuat nominal penampang :

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 42,41 \frac{355}{3,685} = 40861,436 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 40861,436 = 34732,22 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 34732,22 \text{ Kg} > P_u = 6460,9 \text{ Kg}$$

**OK**

**Kontrol Tarik****Kuat Putus**

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 42,41 = 36,048 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 36,048 \cdot 565 = 20367,4 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 20367,4 \cdot 0,75 = 15275,55 \text{ g}$$

$$\phi P_n = 15275,55 \text{ Kg} > 10921 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

**Kuat leleh**

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 42,41 \cdot 355 = 13549,995 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 13549,995 \text{ Kg} > 10921 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

**C. Ikatan Silang Rangka**

Dari Output SAP didapat :

$$P = 9872,9 \text{ kg (tarik)}$$

Profil yang dipakai : Box 180 x 180 x 6,3 x 6,3

b	: 180 mm	h	: 180 mm	t	: 6,3 mm
A	: 42,41 cm <sup>2</sup>	W	: 33,56 Kg/m	I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	: 2545,86 cm <sup>4</sup>
Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	: 282,8 cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	: 6,94 cm	Fu	: 565 Mpa
f <sub>y</sub>	: 355 Mpa				

**Kontrol Tarik****Kuat Putus**

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 42,41 = 36,048 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 36,048 \cdot 565 = 20367,4 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 20367,4 \cdot 0,75 = 15275,55 \text{ g}$$

$$\phi P_n = 15275,55 \text{ Kg} > 9872,9 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

**Kuat leleh**

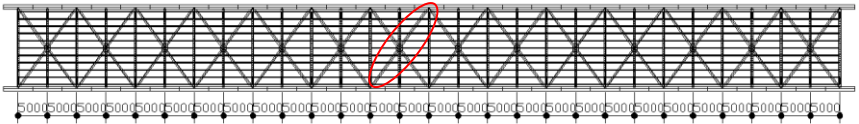
$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 42,41 \cdot 355 = 13549,995 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 13549,995 \text{ Kg} > 9872,9 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$



#### 4.1.8 Ikatan Angin Bawah

Ikatan angin bawah terdiri dari batang tarik dan tekan, berikut penjabarannya:



Gambar 4.17 Ikatan angin bawah

Dari Output SAP didapat :

P = 15564,7 kg (tekan)

P = 33080,2 kg (tarik)

Profil yang dipakai : L 250 x 250 x 35

b	: 250 mm	h	: 250 mm	t	: 35 mm
A	: 162,6cm <sup>2</sup>	W	: 126 Kg/m	I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	: 9110 cm <sup>4</sup>
Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	: 519 cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	: 7,48 cm	Fu	: 500 Mpa
f <sub>y</sub>	: 290 Mpa				

#### Kontrol Tekan

##### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{250}{35} = 7,14$$

$$7,14 < 11,744$$

**OK**

$$\frac{200}{\sqrt{f_y}} = \frac{200}{\sqrt{290}} = 11,744$$

Kontrol Kapasitas Tekan :

- Faktor panjang tekuk (K<sub>cx</sub>) = 1
- Faktor panjang tekuk (K<sub>cy</sub>) = 1
- Panjang batang (L<sub>x</sub>) = 10,12 m
- Panjang batang (L<sub>y</sub>) = 10,12 m

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 10,12}{7,48} = 135,29$$

$$\lambda_y = \frac{Kcy \cdot Ly}{iy} = \frac{1 \cdot 1012}{7,48} = 135,29$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{135,29}{\pi} \sqrt{\frac{290}{200000}} = 1,639 ; \text{karena } \lambda_c > 1,2 \text{ maka:}$$

$$\omega = 1,25 \cdot \lambda_c^2 = 1,25 \cdot 1,639^2 = 3.36$$

Sehingga kuat nominal penampang :

$$Pn = Ag \frac{fy}{\omega} = 162,6 \frac{290}{3.36} = 140275,70 Kg$$

$$\phi Pn = 0,85 \cdot 140275,70 Kg = 119234,34 Kg$$

$$\phi Pn = 119234,34 Kg > Pu = 15564,7 Kg \quad \text{OK}$$

### Kontrol Tarik

#### Kuat Putus

$$Ae = 0,85 \cdot Ag = 0,85 \cdot 162,6 = 138.21 cm^2$$

$$Pn = Ae \cdot fu = 138.21 \cdot 500 = 69105.00 Kg$$

$$\phi Pn = 69105.00 \cdot 0,75 = 51828.75 g$$

$$\phi Pn = 51828.75 Kg > 33080,2 Kg \quad \text{OK}$$

#### Kuat leleh

$$Pn = \phi \cdot Ag \cdot fy = 0,9 \cdot 162,6 \cdot 290 = 42438.60 Kg$$

$$\phi Pn = 42438.60 Kg > 33080,2 Kg \quad \text{OK}$$

## 4.2 Perencanaan Struktur Primer

### 4.2.1 Perhitungan Pembebanan

#### a. Pembebanan

Beban yang digunakan sesuai dengan standar pembebanan untuk jembatan (SNI 1725:2016) dimana :

#### 1. Beban Mati

Beban mati pada perencanaan ini meliputi berat sendiri dari masing-masing elemen struktur dan berat mati tambahan yang berupa berat pelat lantai kendaraan dan aspal. Besarnya beban-beban mati tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{Beton} = 2277 kg/m^3$$

$$\text{Aspal} = 2200 kg/m^3$$

## 2. Beban Lajur D

Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas  $q$  kPa, dengan besarnya  $q$  tergantung pada panjang total yang dibebani  $L$ . Panjang yang dibebankan  $L$  adalah panjang total BTR yang bekerja pada jembatan. Beban garis (BGT) dengan intensitas  $p$  kN/m harus ditempatkan tegak lurus arah lalu-lintas pada jembatan.

Diketahui:

$$L = 100 \text{ m sehingga:}$$

$$L > 30 \text{ m ;}$$

$$q \text{ BTR} = 9 \times \left( 0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kN/m}^2$$

$$L = 100 \text{ m, maka :}$$

$$q \text{ BTR} = 9 \times \left( 0,5 + \frac{15}{100} \right) = 5,85 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_{TD}^U = 2 \text{ (Keadaan batas ultimit pada boks girder baja)}$$

$$p = 49.0 \text{ kN/m.}$$

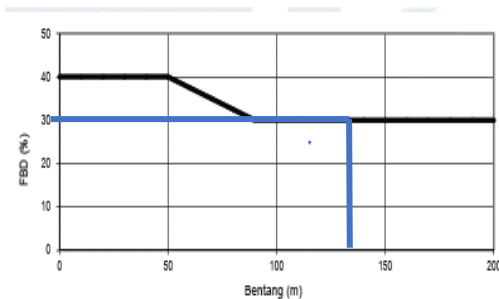
$$\begin{aligned} Q \text{ BTR} &= q \times \gamma_{TD}^U \\ &= 5,85 \text{ kN/m}^2 \times 2 \\ &= 11,7 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ BGT} &= p \times \gamma_{TD}^U \\ &= 49 \text{ kN/m} \times 2 \\ &= 98.0 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

## 3. Beban Truck T

Selain beban “D”, terdapat beban lalu lintas yaitu beban truk “T”. Beban truk “T” tidak dapat digunakan bersamaan dengan digunakan untuk perhitungan struktur lantai.

Diketahui:



Gambar 4.18 Grafik FBD

$$\begin{aligned}
 P &= 112,5 \text{ kN} \\
 \gamma_{TT}^U &= 2 \text{ (Keadaan batas ultimit pada boks girder baja)} \\
 FBD &= 30\% \\
 Q_{TT} &= 112,5 \text{ kN} \times (1 + FBD) \times \gamma_{TT}^U \\
 &= 112,5 \text{ kN} \times (1 + 0,3) \times 2 \\
 &= 292,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

#### 4. Beban Angin

- Tekanan Angin Horizontal

Tekanan angin menurut SNI 1725:2016 Pasal 9.6.1 yang ditentukan untuk angin horizontal diasumsikan disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar ( $V_B$ ) sebesar 90 hingga 126 km/jam. Untuk jembatan atau bagian jembatan dengan elevasi lebih tinggi dari 10000 mm di atas permukaan tanah atau permukaan air, kecepatan angin rencana  $V_{DZ}$  harus dihitung dengan persamaan berikut:

$$v_{DZ} = 2,5 v_o \left( \frac{v_{10}}{v_B} \right) \ln \left( \frac{z}{z_o} \right) \quad (3-8)$$

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 V_o &= 17,6 \text{ km/jam (lokasi sub urban)} \\
 Z_o &= 1000 \text{ mm (lokasi sub urban)} \\
 V_{10} &= 90 \\
 V_B &= 90 \\
 Z &= 20 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga:

$$v_{DZ} = 2,5 v_o \left( \frac{v_{10}}{v_B} \right) \ln \left( \frac{z}{z_o} \right)$$

$$v_{DZ} = 2,5 \times 17,6 \left( \frac{90}{90} \right) \ln \left( \frac{20000}{1000} \right)$$

$$v_{DZ} = 131,812 \text{ km/jam}$$

- Beban Angin Pada Struktur (Ews)  
Tekanan angin rencana (MPa) dapat ditetapkan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_D = P_B \left( \frac{v_{DZ}}{v_B} \right)^2 \quad (3-9)$$

Diketahui:

- PB rangka, kolom, dan pelengkung = 0,0024 Mpa (tekan)
- PB rangka, kolom, dan pelengkung = 0,0012 Mpa (hisap)
- PB balok = 0,0024 Mpa (tekan)

$$P_D = P_B \left( \frac{v_{DZ}}{v_B} \right)^2$$

Untuk rangka, kolom, dan pelengkung, contoh perhitungan:

$$P_D \text{ tekan} = 0,0024 \left( \frac{131,82}{90} \right)^2 = 0,005 \text{ MPa}$$

$$P_D \text{ hisap} = 0,0012 \left( \frac{131,82}{90} \right)^2 = 0,003 \text{ MPa}$$

Untuk balok

$$P_D \text{ tekan} = 0,0024 \left( \frac{131,82}{90} \right)^2 = 0,005 \text{ MPa}$$

Dikarenakan tinggi busur yang berbeda beda maka beban angin di tabelkan sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Bebaan Angin pada Busur

Titik	Z titik	Vdz	Pd tekan	Pd hisap	A buhul	P tekan (KN)	Phisap (KN)
1a	38	160.054	0.008	0.004	2.567	19.482	9.741
1b	34.58	155.904	0.007	0.004	2.567	18.485	9.242
2a	37.82	159.845	0.008	0.004	2.573	19.481	9.741
2b	34.4	155.674	0.007	0.004	2.573	18.478	9.239
3a	37.28	159.212	0.008	0.004	2.593	19.476	9.738
3b	33.86	154.978	0.007	0.004	2.593	18.454	9.227
4a	36.38	158.137	0.007	0.004	2.626	19.455	9.728
4b	32.96	153.793	0.007	0.004	2.626	18.401	9.201
5a	35.12	156.586	0.007	0.004	2.671	19.403	9.701
5b	31.7	152.078	0.007	0.003	2.671	18.302	9.151
6a	33.5	154.508	0.007	0.004	2.728	19.293	9.646
6b	30.08	149.770	0.007	0.003	2.728	18.128	9.064
7a	31.52	151.827	0.007	0.003	2.795	19.093	9.546
7b	28.1	146.774	0.006	0.003	2.795	17.843	8.921
8a	29.18	148.433	0.007	0.003	2.874	18.759	9.379
8b	25.76	142.948	0.006	0.003	2.874	17.398	8.699
9a	26.48	144.161	0.006	0.003	2.961	18.234	9.117
9b	23.06	138.076	0.006	0.003	2.961	16.727	8.364
10a	23.42	138.758	0.006	0.003	3.057	17.442	8.721
10b	20	131.812	0.005	0.003	3.057	15.740	7.870
11a	20	131.812	0.005	0.003	1.554	7.999	4.000
11b	16.58	123.561	0.005	0.002	1.554	7.029	3.514

- **Beban Angin Pada Lantai Kendaraan (Ewl)**

Berdasarkan SNI 1725-2016 ps 9.9.1.2 tekanan angin rencana harus dikerjakan baik pada struktur jembatan maupun pada kendaraan yang melintasi jembatan. Jembatan harus memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan, dimana tekanan tersebut harus di asumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1,46 N/mm , tegak lurus dan bekerja 1800 mm di atas permukaan jalan.

## 5. Beban Temperatur

Temperatur yang digunakan adalah sebesar  $25^0$  celcius, dengan asumsi pada saat pemasangan tidak memperhatikan beban temperatur.

## 6. Beban Gempa

Untuk perhitungan gaya gempa direncanakan menggunakan perhitungan analisa statik berdasarkan RSNI gempa 2833-2013 tentang tata cara pembebanan gempa untuk jembatan, sebagai berikut:

$$EQ = \frac{C_m}{R} W_t$$

Dimana :

EQ : gaya gempa horizontal statis

C<sub>m</sub> : koefesien respon gempa elastik

W<sub>t</sub> : berat total struktur

R : faktor modifikasi respon

Untuk perencanaan gaya gempa yang dihasilkan pada analisa dinamis, dimana letak bangunan terletak pada zona 4. Berdasarkan data tanah yang telah dihitung tanah termasuk tanah lunak ( $N < 15$ ), maka:

- Percepatan puncak di batuan dasar (PGA) : 0,334g
- Percepatan 0,2 detik di batuan dasar (S<sub>s</sub>) : 0,643g
- Percepatan 1 detik di batuan dasar (S<sub>1</sub>) : 0,34 g

Untuk mencari nilai Fa an Fv pada tabel 4.3 dan tabel 4.4

Tabel 4.3 Mencari Fa

Kelas situs	PGA ≤ 0,1 S <sub>s</sub> ≤ 0.25	PGA = 0,2 S <sub>s</sub> = 0.5	PGA = 0,3 S <sub>s</sub> = 0.75	PGA = 0,4 S <sub>s</sub> = 1.0	PGA > 0,5 S <sub>s</sub> ≥ 1.25
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Tabel 4.4 Mencari FV

Kelas situs	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

- Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek  
 $(S_{ms}) = F_a \times S_s = 1.2 \times 0.634 = 0.7716$
- Parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik  
 $(S_{m1}) = F_v \times S_1 = 2.8 \times 0.34 = 0.952$
- Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek  
 $(SD_s) = S_{ms} = 0.7716$
- Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik  
 $(SD_1) = S_{m1} = 0.952$   
Maka  $T_s = SDS \times SD_1 = 0.776 \times 0.952 = 1.2338$   
 $T_0 = 0.2 \times T_s = 0.2 \times 1.2338 = 0.2467$

Kemudian mencari periode dari SAP 2000 berdasarkan untuk perhitungan koefisien respon gempa elastik ( $C_{sm}$ ), didapatkan :

- T arah x = 0,539  $\rightarrow T_0 > T > T_s$
- T arah y = 0,6629  $\rightarrow T_0 > T > T_s$

Berdasarkan angka tersebut maka termasuk dalam ketentuan  $C_{sm} = SDS = 0.7716$ .

Untuk mencari nilai faktor modifikasi respon (R) dapat dilihat pada tabel 4.5, jembatan termasuk kolom



tunggal pada bangunan bawah dengan kategori kepentingan sangat penting sesuai kegunaan jembatan.

Tabel 4.5 Faktor Modifikasi Respon

Tabel 6 - Faktor modifikasi respons (*R*) untuk bangunan bawah

Bangunan bawah	Kategori kepentingan		
	Sangat penting	Penting	Lainnya
Pilar tipe dinding	1,5	1,5	2,0
Tiang/kolom beton bertulang			
Tiang vertikal	1,5	2,0	3,0
Tiang miring	1,5	1,5	2,0
Kolom tunggal	1,5	2,0	3,0
Tiang baja dan komposit			
Tiang vertikal	1,5	3,5	5,0
Tiang miring	1,5	2,0	3,0
Kolom majemuk	1,5	3,5	5,0

Catatan:

Pilar tipe dinding dapat direncanakan sebagai kolom tunggal dalam arah sumbu lemah pilar

Beban mati total jembatan didapatkan dari program SAP2000, sehingga beban mati Jembatan Busur adalah sebesar 3948.119 KN.

OutputCase	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN
DEAD	LinStatic			1.278E-10	2.878E-11	3948.119

Gambar 4.19 Beban Mati Total Jembatan pada SAP

Sehingga gaya pada perletakan jembatan yaitu 2 gaya gempa yang, gaya gempa arah X dan gempa arah Y.

$EQ_x$  arah memanjang (X)

$$Eq = \frac{0.7716}{1.5} \times 3948.119 \text{ KN} = 2030,912 \text{ KN}$$

$EQ_y$  arah melintang (Y)

$$Eq = \frac{0.7716}{1.5} \times 3948.119 \text{ KN} = 2030,912 \text{ KN}$$

## 7. Kombinasi Pembebanan

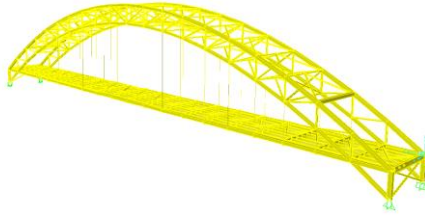
Kombinasi beban yang digunakan sesuai dengan standar pembebanan untuk jembatan (SNI 1725:2016) disebutkan

bahwapembebanan yang bekerja pada struktur jembatan terdiri dari beban mati (berat sendiri dan beban mati tambahan), beban hidup, beban angin, beban temperatur dan beban gempa. Berikut adalah kombinasi beban yang digunakan sesuai SNI 1726:2016 tabel 1:

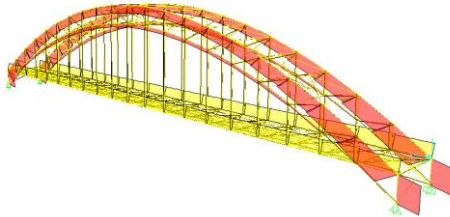
- 1) KUAT 1 :  $1.3MS+2MA+1.8TD+1.8TB+1.8TP+1EUn$
- 2) KUAT 3 :  $1.3MS+2MA+1.4EWs+1EUn$
- 3) KUAT 4 :  $1.3MS+2MA+1EUn$
- 4) KUAT 5 :  $1.3 MS + 2 MA+ 0.4EWs+1EWl+1EUn$
- 5) EKSTREM1:  
 $1.3MS+2MA+0.5TD+0.5TB+0.5TP+0.3EQx+1EQy$
- 6) EKSTREM2:  
 $11.3MS+2MA+0.5TD+0.5TB+0.5TP+1EQy+0.3EQx$
- 7) DayaLayan1:  $1MS+1MA+1TD+1TB+1TP+0.3EWs+1EWl+1Eun$
- 8) Daya Layan 2:  $1MS+1MA+1.3TD+1.3TB+1.3TP+1EUn$
- 9) Daya Layan 3 :  $1MS+1MA+0.8TD+0.8TB+0.8TP+1EUn$
- 10) Daya Layan 4 :  $1MS+1MA+1TD+0.7EWs+1EUn$

#### **b. Permodelan Struktur**

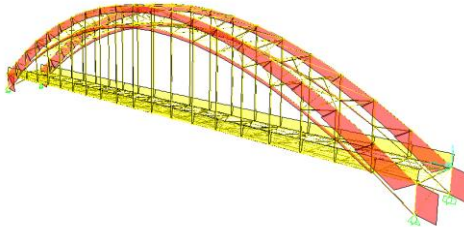
Setelah melalui tahap preliminary desain dan perencanaan pembebanan, dilakukan permodelan struktur jembatan busur box baja kemudian beban yang sudah direncanakan dibebankan pada model jembatan yang telah dibuat. Program ini akan membantu dalam beberapa perhitungan yang akan digunakan untuk mengecek apakah struktur sudah memenuhi persyaratan yang ada. Berikut adalah hasil hasil analisa menggunakan program bantu SAP 2000:



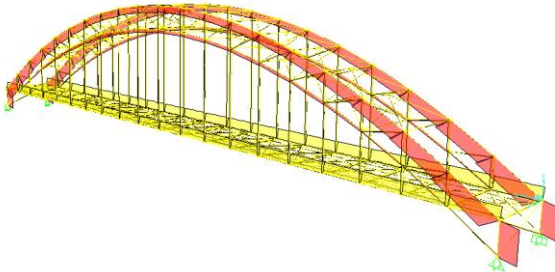
Gambar 4.20 3D View Modifikasi Jembatan



Gambar 4.21 Aksial Forces Akibat Kombinasi Kuat 1



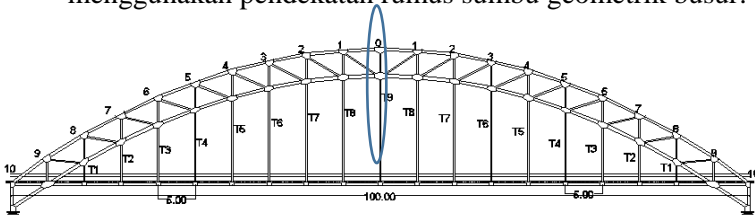
Gambar 4.22 Aksial Forces Akibat Kombinasi Kuat 3



Gambar 4.23 Aksial Forces Akibat Kombinasi Ekstrem 1

#### 4.2.2 Perencanaan Batang Penggantung

Panjang dari batang penggantung dicari menggunakan pendekatan rumus sumbu geometrik busur.



Gambar 4.24 Konstruksi Pemikul Utama

Persamaan parabola untuk frame cable 259

$$Y_n = 4 f X (L - X) / L^2$$

$$f = 18 \text{ m}$$

$$X = 50 \text{ m}$$

$$L = 100 \text{ m}$$

$$Y_n = 4 \times 25 \text{ m} \times 50 \text{ m} (100 \text{ m} - 50 \text{ m}) / (100 \text{ m})^2 = 18 \text{ m}$$

Material yang dipakai untuk penggantung adalah baja ulir (*threadbars*) dari perusahaan *DYWIDAG Prestressing System using Bars* dengan diameter 47 mm. Data detail *threadbars* yang dipakai antara lain:

$$\text{Diameter} = 47 \text{ mm} \quad A = 1735 \text{ mm}^2 \quad W = 14.10 \text{ kg/m}$$

$$f_y = 839.19 \text{ Mpa} \quad f_u = 1048 \text{ MPa}$$

##### a. Kontrol Kekuatan Putus Kondisi Normal:

Kontrol kekuatan kabel pada jembatan apabila hanger pada kondisi normal (tidak putus).

Didapat Output Sap Hanger tengah bentang ,

$$P_u = 104395.02 \text{ Kg}$$



Kekuatan leleh batang tarik:

$$P_n = f_y \cdot A_g = 839,19 \cdot 1735 = 1455994,65 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,9 \cdot 1455994,65 = 1310395,185 \text{ kg}$$

Syarat:

$$P_u < \phi P_n$$

$$104395,02 \text{ Kg} < 1310395,185 \text{ kg (OK)}$$

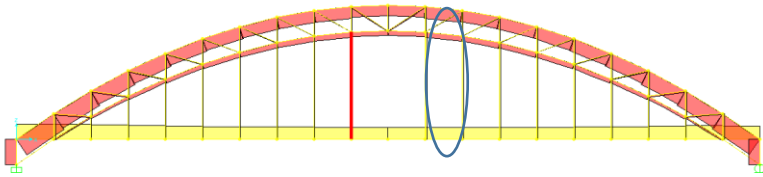
Output Sap yang dihasilkan:

Tabel 4.6 Gaya yang terjadi pada batang penggantung

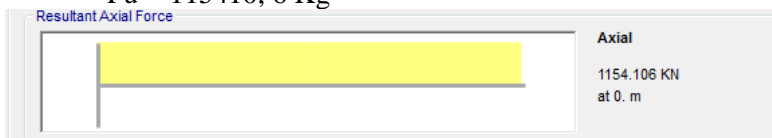
Titik	Yn (m)	X (m)	P terjadi (kg)	Pijin (kg)
9	6.48	15	63098.75	1310395,185
8	9.18	20	63186.33	1310395,185
7	11.52	25	63262.36	1310395,185
6	13.5	30	63326.66	1310395,185
5	15.12	35	63379.27	1310395,185
4	16.38	40	63420.19	1310395,185
3	17.28	45	63449.41	1310395,185
2	17.82	50	63466.95	1310395,185
1	18	55	104395.02	1310395,185

**b. Kontrol Kekuatan Putus Kondisi Accidental Load:**

Kontrol kekuatan kabel pada kondisi accidental load merupakan kondisi jembatan dimana mengalami kegagalan struktur batang penggantung. Kontrol Kegagalan ini diperhitungan kan untuk merencanakan dimensi batang penggantung. Dalam perhitungan ini, hanger yang disimulasikan mengalami kegagalan yaitu hanger terpanjang pada bagian tengah jembatan.



Gambar 4.25 Kegagalan Struktur Hanger  
Didapat Output Sap Hangerakibat komb. Kuat 1  
 $P_u = 115410,6 \text{ Kg}$



Kekuatan leleh batang tarik:

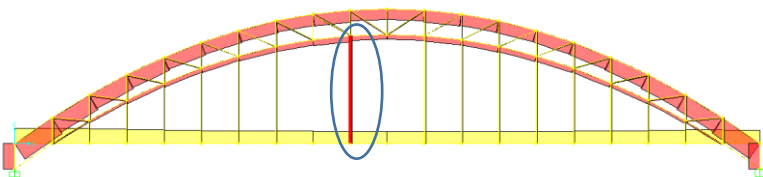
$$\phi P_n = 1310395,185 \text{ kg}$$

Syarat:

$$P_u < \phi P_n$$

$$115410,6 \text{ Kg} < 1310395,185 \text{ kg (OK)}$$

Selanjutnya kegagalan struktur batang penggantung di simulasikan mengalami putus pada sebelah batang penggantung yang mendapat gaya maksimal.



Didapat Output Sap Hangerakibat komb. Kuat 1  
 $P_u = 148492,25 \text{ Kg}$



Kekuatan leleh batang tarik:

$$\varnothing P_n = 1310395,185 \text{ kg}$$

Syarat:

$$P_u < \varnothing P_n$$

$$148492,25 \text{ Kg} < 1310395,185 \text{ kg (OK)}$$

### 4.2.3 Perencanaan Konstruksi Busur

#### A. Tinggi fokus Busur Rangka

$$\text{syarat : } \frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5} \quad \text{atau} \quad 0,167 \leq \frac{f}{L} \leq 0,200$$

$f$  : tinggi busur

$L$  : bentang busur

Dengan  $L = 100\text{m}$ , maka dipakai  $f = 18 \text{ m}$

$$\frac{f}{L} = \frac{18}{100} = 0,18$$

$$0,167 \leq 0,18 \leq 0,200 \quad \text{OK}$$

#### B. Tinggi Tampang Busur Rangka

$$\text{syarat : } \frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{25} \text{ (ranka batang)}$$

$t$  : tinggi tampang busur

$L$  : bentang busur

Dipakai  $t = 3,42 \text{ m}$

$$\frac{t}{L} = \frac{3,42}{100} = 0,0342$$

$$0,025 \leq 0,0342 \leq 0,04 \quad \text{OK}$$

#### C. Lebar Busur Rangka

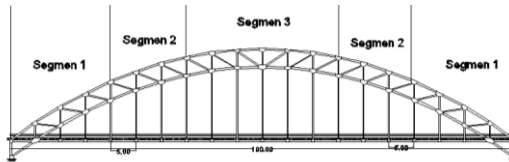
$$\text{Syarat : } \frac{b}{L} \geq \frac{1}{20}$$

b : lebar jembatan (jarak perletakan kiri-kanan paling luar)

$$\text{dipakai } b = 9 \text{ m}, \frac{9}{100} = \frac{1.8}{20} > \frac{1}{20} \text{ OK}$$

#### 4.2.4 Stabilitas Penampang Busur

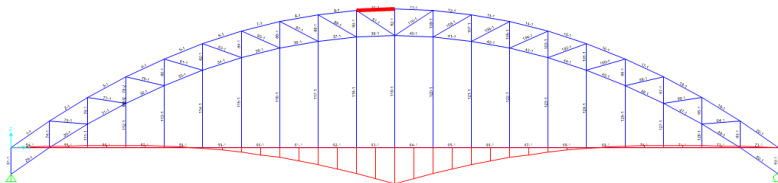
Pembagian segmen pada perhitungan gaya aksial batang dianggap sebagai wakil dari batang-batang lainnya pada segmen tersebut. Untuk pembagian segmen jembatan bisa dilihat pada gambar berikut.



Untuk meletakkan beban hidup (BTR+BGT) maka

Gambar 4.26 Pembagian Segmen Jembatan Busur

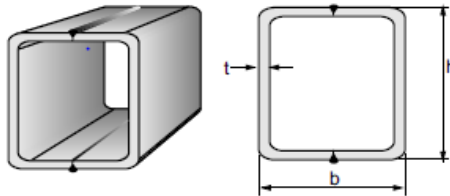
diperlukan analisa garis pengaruh. Dari analisis garis pengaruh batang akibat beban berjalan 1 ton. Dari hasil garis pengaruh batang batang tersebut, kemudian beban diinput pada SAP2000. Beban hidup (BTR+BGT) dimasukkan sesuai dengan letak tarik tekan pada garis pengaruh batang tersebut. Setelah itu, didapatkan untuk besaran aksial maksimum dari kombinasi yang sudah dibuat. Misal garis pengaruh pada batang atas busur segmen 3 dapat dilihat pada gambar 4.26.



Gambar 4.27 Garis Pengaruh Batang 10 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton



Setelah mendapatkan gaya aksial dengan menggunakan program SAP2000, desain dari profil rangka utama busur jembatan dapat ditentukan. Rangka utama jembatan busur baja ini menggunakan profil kotak (*square/box*). Detail profil rangka busur utama didapatkan dari Brosur *PT. Gunung Raja Paksi* dengan lampiran sebagai berikut :



Gambar 4.28 Ilustari Penampang Rangka Utama Busur dengan Menggunakan Profil *Square/Box*  
Sumber *PT. Gunung Raja Paksi Steel*

Untuk mutu dari profil baja *square/box* dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Brosur Baja *Square/Box* *PT. Gunung Raja Paksi Steel*

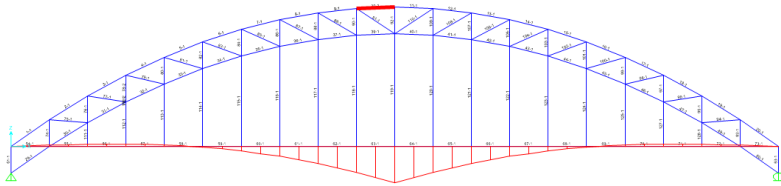
MECHANICAL PROPERTIES

GRADE	Y.S (Mpa)			T.S (Mpa)	E (%)
	$t \leq 16 \text{ mm}$	$16 \text{ mm} \leq t \leq 40 \text{ mm}$	$t \leq 40 \text{ mm}$		
SS 400	245	235	215	400 - 510	21
A 36	250	250	250	400 - 550	20
SM 490 A & B	325	315	295	490 - 610	17
GR 50 A	355	345	340	490 - 640	18

(Sumber : *PT Gunung Raja Paksi Steel*)

Untuk perhitungan detail manual profil rangka utama jembatan busur dapat dilihat pada beberapa perhitungan dengan tinjauan sesuai gambar yang terlampir.

**a. Batang Atas Busur Segment 3**



Gambar 4.29 Posisi Batang pada Rangka Busur Utama Jembatan

Dari output SAP, didapatkan:

Busur mengalami tekan (Komb. Kuat 1)

$P_u = -772465.2$  Kg (Tekan)

Digunakan profil box 500x500x16

$b$	$= 500$ mm	$h$	$= 500$ mm	$t$	$= 16$ mm
$A$	$= 298,8$ cm <sup>2</sup>	$W$	$= 237,98$ kg/m	$f_y$	$= 3450$ kg/cm <sup>2</sup>
$I_x=I_y$	$= 114000$ cm <sup>4</sup>	$Z_x=Z_y$	$= 4570$ cm <sup>3</sup>	$I_x=i_y$	$= 19,6$ cm

**Kontrol Kelangsingan Penampang**

$$\frac{b}{t} = \frac{500}{16} = 31,25$$

$$31,25 < 33,65 \text{ OK}$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{345}} = 33,65$$

**Kontrol Kapasitas Tekan :**

- faktor panjang tekuk ( $K_{cx}$ )  $= 1$
- faktor panjang tekuk ( $K_{cy}$ )  $= 1$
- Panjang batang ( $L_x$ )  $= 5$  m  $= 500$  cm
- Panjang batang ( $L_y$ )  $= 5$  m  $= 500$  cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 500}{19,6} = 25,51$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 500}{19,6} = 25,51$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{25,51}{\pi} \sqrt{\frac{345}{200000}} = 0,34$$



- faktor panjang tekuk ( $Kcy$ ) = 1
- Panjang batang ( $Lx$ ) = 5,156 m = 515,6 cm
- Panjang batang ( $Ly$ ) = 5,156 m = 515,6 cm

$$\lambda_x = \frac{Kcx \cdot Lx}{ix} = \frac{1 \cdot 500}{19} = 27.14$$

$$\lambda_y = \frac{Kcy \cdot Ly}{iy} = \frac{1 \cdot 500}{19} = 27.14$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{27.14}{\pi} \sqrt{\frac{345}{200000}} = 0.36$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,36} = 1$$

Sehingga kuat nominal penampang :

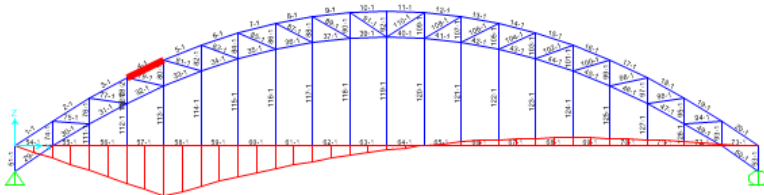
$$Pn = Ag \frac{fy}{\omega} = 347,8 \frac{3450}{1} = 1201070.31 kg$$

$$\phi Pn = 0,85 \cdot 1201070.31 = 1020909.77 kg$$

$$\phi Pn = 1020909.77 kg > Pu = 956322.5 kg$$

**OK**

### c. Batang Atas Busur Segment 1



Gambar 4.31 Posisi Batang pada Rangka Busur Utama Jembatan

Dari output SAP, didapatkan:

Busur mengalami tekan (Komb. Kuat 1)

$Pu = -1189298.4$  Kg (Tekan)

Digunakan profil box 500x500x25

b	= 500 mm	h	= 500 mm	t	= 25 mm
A	= 446 cm <sup>2</sup>	W	= 360,2 kg/m	fy	= 3450 kg/cm <sup>2</sup>
$Ix=Iy$	= 160900 cm <sup>4</sup>	$Zx=Zy$	= 6440 cm <sup>3</sup>	$Ix=iy$	= 19 cm

**Kontrol Kelangsingan Penampang**

$$\frac{b}{t} = \frac{500}{25} = 20$$

$$20 < 33,65$$

**OK**

$$\frac{625}{\sqrt{fy}} = \frac{625}{\sqrt{345}} = 33,65$$

**Kontrol Kapasitas Tekan :**

- faktor panjang tekuk ( $Kcx$ ) = 1
- faktor panjang tekuk ( $Kcy$ ) = 1
- Panjang batang ( $Lx$ ) = 5,52 m = 552 cm
- Panjang batang ( $Ly$ ) = 5,52 m = 552 cm

$$\lambda_x = \frac{Kcx \cdot Lx}{ix} = \frac{1 \cdot 552}{19} = 29,05$$

$$\lambda_y = \frac{Kcy \cdot Ly}{iy} = \frac{1 \cdot 552}{19} = 29,05$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{29,05}{\pi} \sqrt{\frac{345}{200000}} = 0,38 \text{ ; karena } 0,25 < \lambda_c < 1,2$$

maka:

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,38} = 1,00$$

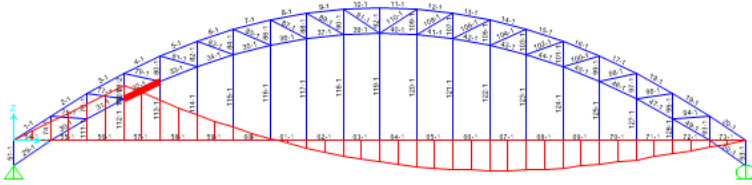
Sehingga kuat nominal penampang :

$$Pn = Ag \frac{fy}{\omega} = 446 \frac{3450}{1,00} = 1527379,13 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 0,85 \cdot 1527379,13 = 1298272,26 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 1298272,26 \text{ Kg} > Pu = 1189298,4 \text{ Kg} \quad \textbf{OK}$$

#### d. Batang Bawah Busur



Gambar 4.32 Posisi Batang pada Rangka Busur Utama Jembatan

Dari output SAP, didapatkan:

Busur mengalami tekan (Komb. Kuat 1)

$P_u = -386780.8 \text{ Kg}$  (Tekan)

$P_u = 224360.1 \text{ Kg}$  (Tarik)

Digunakan profil box 400x400x16

b	= 400 mm	h	= 400 mm	t	= 16 mm
A	= 234,8 cm <sup>2</sup>	W	= 187,74 kg/m	f <sub>y</sub>	= 3450 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	= 56200 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	= 2810 cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	= 15,5 cm

#### Kontrol Penampang:

$$\frac{b}{t} = \frac{400}{16} = 25$$

$$25 < 33,65 \quad \text{OK}$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{345}} = 33,65$$

#### Kontrol Kapasitas Tekan :

- faktor panjang tekuk ( $K_{cx}$ ) = 1
- faktor panjang tekuk ( $K_{cy}$ ) = 1
- Panjang batang ( $L_x$ ) = 5,52 m = 552 cm
- Panjang batang ( $L_y$ ) = 5,52 m = 552 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 552}{15,5} = 48,42$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 552}{15,5} = 48,42$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{48,42}{\pi} \sqrt{\frac{345}{200000}} = 0,64$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,64} = 1,10$$

Sehingga kuat nominal penampang :

$$P_n = A_g \frac{fy}{\omega} = 234,8 \frac{3450}{1,10} = 735926,182 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 735926,182 = 625537,26 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 625537,26 \text{ kg} > P_u = 386780,8 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### Kontrol Tarik

#### Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 234,8 = 199,58 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 199,58 \cdot 5650 = 1127627 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 1127627 \cdot 0,75 = 1127627 \text{ Kg}$$

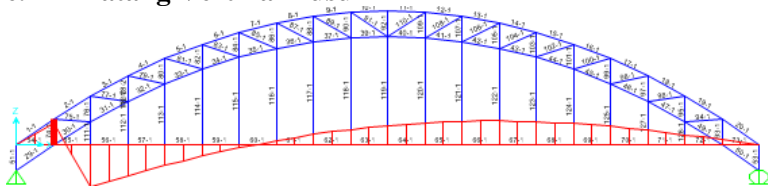
$$\phi P_n = 1127627 \text{ Kg} > 224360,1 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

#### Kuat leleh

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 234,8 \cdot 3550 = 729054 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 729054 \text{ Kg} > 224360,1 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### e. Batang Vertikal Busur



$$I_x=I_y = 2545 \text{ cm}^4 \quad Z_x=Z_y = 282,87 \text{ cm}^3 \quad I_x=i_y = 6,94 \text{ cm}$$

### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{180}{8} = 22,5$$

$$22,5 < 33,17 \quad \text{OK}$$

$$\frac{625}{\sqrt{fy}} = \frac{625}{\sqrt{355}} = 33,17$$

### Kontrol Tarik

#### Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 52,84 = 44,914 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 44,914 \cdot 5650 = 253764,1 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 253764,1 \cdot 0,75 = 190323,075 \text{ Kg}$$

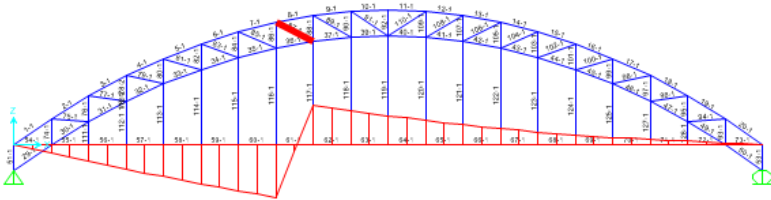
$$\phi P_n = 190323,075 \text{ Kg} > 165276,9 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

#### Kuat leleh

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 52,84 \cdot 3550 = 168823,8 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 168823,8 \text{ Kg} > 165276,9 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### f. Batang Diagonal



Gambar 4.34 Posisi Batang pada Rangka Busur Utama Jembatan

Dari output SAP, didapatkan:

Busur mengalami tekan (Komb. Kuat 1)

$P_u = -136826,4 \text{ Kg}$  (Tekan)

$P_u = 68618,3 \text{ Kg}$  (Tarik)

Digunakan profil box 1800x180x10



b	= 180 mm	h	= 180 mm	t	= 10 mm
A	= 64,57 cm <sup>2</sup>	W	= 51,36 kg/m	f <sub>y</sub>	= 3550 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	= 3016 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	= 335,2 cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	= 6,84 cm

### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{180}{10} = 18$$

$$18 < 33,17 \quad \text{OK}$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{355}} = 33,17$$

### Kontrol Kapasitas Tekan :

- faktor panjang tekuk (K<sub>cx</sub>) = 1
- faktor panjang tekuk (K<sub>cy</sub>) = 1
- Panjang batang (L<sub>x</sub>) = 5,6 m = 560 cm
- Panjang batang (L<sub>y</sub>) = 5,6 m = 560 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 560}{6,84} = 81,87$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 560}{6,84} = 81,87$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{81,87}{\pi} \sqrt{\frac{355}{200000}} = 1,10$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 1,10} = 1,32$$

Sehingga kuat nominal penampang :

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 64,57 \frac{3550}{1,32} = 173755,43 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 173755,43 = 147692,12 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 147692,12 \text{ kg} > P_u = 136826,4 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### Kontrol Tarik

#### Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 64,57 = 54,88 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 54,88 \cdot 5650 = 310097,43 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 310097,43 \cdot 0,75 = 232573,07 \text{ Kg}$$

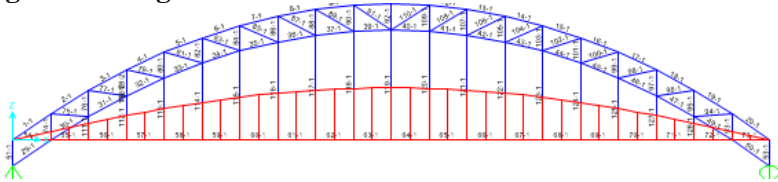
$$\phi P_n = 232573.07 \text{ Kg} > 136826.4 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### Kuat leleh

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 64,57 \cdot 3550 = 206301.15 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 206301.15 \text{ Kg} > 136826.4 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### g. Batang Tarik Busur



Gambar 4.35 Posisi Batang pada Rangka Busur Utama Jembatan

Dari output SAP, didapatkan:

Busur mengalami tekan (Komb. Kuat 1)

$$P_u = 532784.4 \text{ Kg (Tarik)}$$

Digunakan profil box 500x500x19

b	= 500 mm	h	= 500 mm	t	= 19 mm
A	= 347,8 cm <sup>2</sup>	W	= 279,68 kg/m	f <sub>y</sub>	= 3450 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	= 130000 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	= 5200 cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	= 19vc

### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{500}{19} = 31,25$$

$$26,31 < 33,65 \quad \text{OK}$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{345}} = 33,65$$

### Kontrol Tarik

#### Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 347,8 = 295.63 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 295.63 \cdot 5650 = 1670309.50 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 1670309.50 \cdot 0,75 = 1252732.13 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 1252732.13 \text{ Kg} > 532784.4 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

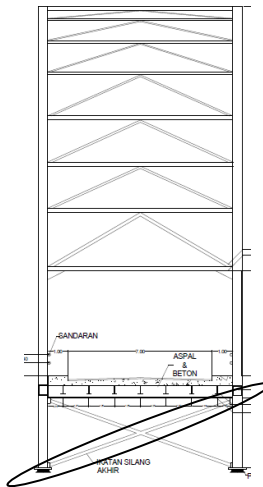
**Kuat leleh**

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 347,8 \cdot 3550 = 1079919 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 1079919 \text{ Kg} > 532784,4 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

**4.3.4 Bracing Portral Akhir**

Bentuk konstruksi penyangga diasumsikan sebagai konstruksi bracing. Dan berfungsi sebagai batang vertikal penyangga jembatan busur.



Gambar 4.36 Bracing batang penyangga

Pada perencanaan konstruksi penyangga Jembatan busur, akan digunakan penampang pipa baja dengan dimensi sebagai berikut

Dari Output SAP didapat :

$$P = -29818,19 \text{ kg (tekan)}$$

$$P = 20590,46 \text{ kg (tarik)}$$

Profil yang dipakai : Box 250 x 250 x 12 x 12

b	: 250 mm	h	: 250 mm	t	: 12 mm
A	: 110,5cm <sup>2</sup>	W	: 86,76 Kg/m	I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	: 10300 cm <sup>4</sup>
Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	: 820cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	: 9,63 cm	Fu	: 565 Mpa
f <sub>y</sub>	: 355 Mpa				

**Kontrol Tekan****Kontrol Kelangsingan Penampang**

$$\frac{b}{t} = \frac{250}{12} = 20,833$$

$$20,833 < 33,17$$

**OK**

$$\frac{625}{\sqrt{fy}} = \frac{625}{\sqrt{355}} = 33,171$$

**Kontrol Kapasitas Tekan :**

- Faktor panjang tekuk (Kcx) = 1
- Faktor panjang tekuk (Kcy) = 1
- Panjang batang (Lx) = 9.67 m
- Panjang batang (Ly) = 9.67 m

$$\lambda_x = \frac{Kcx \cdot Lx}{ix} = \frac{1 \cdot 9.67}{9,63} = 100,45$$

$$\lambda_y = \frac{Kcy \cdot Ly}{iy} = \frac{1 \cdot 9.67}{9,63} = 100,45$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{100,45}{\pi} \sqrt{\frac{355}{200000}} = 1,35 ; \text{karena } \lambda_c > 1,2 \text{ maka:}$$

$$\omega = 1,25 \cdot \lambda_c^2 = 1,25 \cdot 1,35^2 = 2,27$$

Sehingga kuat nominal penampang :

$$Pn = Ag \frac{fy}{\omega} = 110,5 \frac{355}{2,27} = 172950.25 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 0,85 \cdot 172950.25 = 147007.71 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 147007.71 \text{ Kg} > Pu = 29818.19 \text{ Kg} \quad \textbf{OK}$$

**Kontrol Tarik****Kuat Putus**

$$Ae = 0,85 \cdot Ag = 0,85 \cdot 110,5 = 93.93 \text{ cm}^2$$

$$Pn = Ae \cdot fu = 93,93 \cdot 565 = 53067.63 \text{ Kg}$$

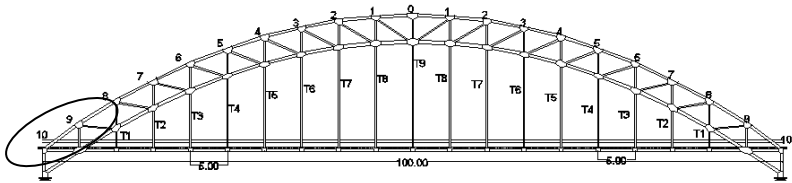
$$\phi Pn = 53067.63 \cdot 0,75 = 39800.72 \text{ kg}$$

$$\phi Pn = 39800.72 \text{ Kg} > 20590.46 \text{ Kg} \quad \textbf{OK}$$

**Kuat leleh**

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 110,5 \cdot 355 = 35304,75 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 35304,75 \text{ Kg} > 20590,46 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

**4.2.5 Kolom Portal Akhir**

Gambar 4.37 Kolom portal akhir

Pada perencanaan konstruksi kolom portal akhir akan digunakan penampang pipa baja dengan dimensi sebagai berikut

Profil yang dipakai : Box 500 x 500 x 25 x 25

b : 500 mm	h : 500 mm	t : 25 mm
A : 446 cm <sup>2</sup>	W : 360,24 Kg/m	ix=iy : 19 cm
fy : 345 Mpa	Ix=Iy : 160900 cm <sup>2</sup>	Zx=Zy : 6440 cm <sup>3</sup>

Dari Output SAP didapat (akibat komb Kuat 1):

$$P = -1236427,76 \text{ Kg (Tekan)}$$

$$Mu_x = 45990,79 \text{ kg}$$

$$Mu_y = 5065,72 \text{ kg}$$

**Kontrol Kelangsingan Penampang**

$$\frac{b}{t} = \frac{500}{25} = 20$$

$$20 > 26,92$$

**OK**

$$\frac{500}{\sqrt{f_y}} = \frac{500}{\sqrt{345}} = 26,92$$

**Kontrol Kelangsingan Struktur**

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_y}{i_x} = \frac{1 \cdot 586}{19} = 30,84$$

$$Ncrb_x = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot Ag}{\lambda x^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2000000 \cdot 446}{951,11} = 9255003,12$$

$$\lambda y = \frac{K_{cx} \cdot L_y}{i_x} = \frac{1 \cdot 586}{19} = 30,84$$

$$Ncrb_y = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot Ag}{\lambda y^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2000000 \cdot 446}{951,11} = 9255003,12$$

$$\lambda c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{30,84}{\pi} \sqrt{\frac{345}{200000}} = 0,407$$

Karena lebih  $0,25 < \lambda c < 1,2$  maka :

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,407} = 1,045$$

Sehingga kuat nominal penampang :

$$P_n = Ag \frac{f_y}{\omega} = 446 \frac{3450}{1,045} = 1471540.936 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 1471540.936 = 1250809.796 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 1250809.796 \text{ Kg} > P_u = 1236427.76 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### Kontrol Balok

Terhadap Sumbu X

$C_m = 0.85$  (elemen menerima gaya transversal dan dianggap ujung-ujungnya kaku)

$$\delta b_x = \frac{C_m}{1 - \frac{Nu}{Ncrb_x}} > 1,00$$

$$\delta b_x = \frac{0,85}{1 - \frac{1236427.76}{9255003,12}} > 1,00$$

$$= 0,981 < 1,00$$

Maka dipakai nilai  $\delta b_x = 1$

Sehingga :  $M_{ux} = \delta b_x \cdot M_{utx}$

$$= 1 \times 45990.79$$

$$= 45990.79 \text{ Kgm}$$

Kontrol Tekuk Lokal

$$\frac{b}{2t} = \frac{500}{2.25} = 10$$

$$10 > 26,91$$

OK

$$\frac{500}{\sqrt{fy}} = \frac{500}{\sqrt{345}} = 26,91$$

$$\frac{h}{t} = \frac{500}{25} = 50$$

$$50 < 90,445$$

**OK**

$$\frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{345}} = 90,445$$

Sehingga :

$$M_{ux} = M_{px} = Z_x \cdot fy = 6440 \cdot 3550 = 22218000 \text{ Kgm}$$

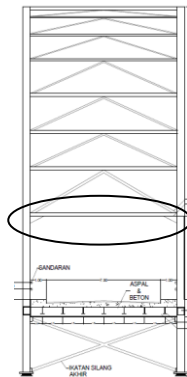
Kontrol Interaksi Balok Kolom

Menggunakan Rumus I

$$\frac{Pu}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \cdot \left[ \frac{M_{ux}}{0,9 \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{0,9 \cdot M_{ny}} \right] \leq 1,00$$

$$\frac{1236427.76}{1288103} + \frac{8}{9} \cdot \left[ \frac{45990.79}{0,9 \cdot 22218000} + \frac{5065.72}{0,9 \cdot 22218000} \right] = 0,84 < 1,00 \text{ OK}$$

#### 4.2.6 Balok Portal Akhir



Gambar 4.38 Balok portal akhir

Pada perencanaan konstruksi kolom portal akhir akan digunakan penampang pipa baja dengan dimensi sebagai berikut

Profil yang dipakai : Box 500 x 500 x 25 x 25

b	: 500 mm	h	: 500 mm	t	: 25 mm
A	: 446 cm <sup>2</sup>	W	: 360,24 Kg/m	ix=iy	: 19 cm
fy	: 345 Mpa	Ix=Iy	: 160900 cm <sup>2</sup>	Zx=Zy	: 6440 cm <sup>3</sup>

Dari Output SAP didapat (akibat komb Kuat 1):

$$V_u = 4063.58 \text{ Kg}$$



$$M_u = 9940.21 \text{ kg}$$



### Kuat Rencana Momen Lentur

$$\frac{b}{t} = \frac{500}{25} = 20$$

$$20 > 90,45$$

OK

$$\frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{345}} = 90,45$$

$$\frac{b}{2t} = \frac{500}{50} = 10$$

$$10 > 20,91$$

OK

$$\frac{500}{\sqrt{f_y}} = \frac{500}{\sqrt{345}} = 26,91$$

Penampang Kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y = 6440 \cdot 3450 = 222180 \text{ Kgm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot M_n = 0,9 \cdot 222180 = 199962 \text{ Kgm}$$

$$\phi M_n = 199962 \text{ Kgm} > 9151.86 \text{ Kgm} \quad \text{OK}$$



**Kontrol Lateral Buckling**

$$L_B = 900 \text{ cm}$$

$$L_P = 0,13 E r_y \frac{\sqrt{J A}}{M_p} \quad (\text{SNI T03-2005 pasal 7.3-1})$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{160900}{446}} = 18,99 \text{ cm}$$

$$J = 4 \cdot \frac{1}{3} \cdot 50 \cdot 2,5^3 = 1041,67 \text{ cm}^4$$

Maka :

$$L_P = 0,13 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 18,99 \cdot \frac{\sqrt{1041,67 \cdot 446}}{22218000}$$

$$L_P = 151,5 \text{ cm}$$

$$L_R = 2 E r_y \frac{\sqrt{J A}}{M_r} \quad (\text{SNI T03-2005 pasal 7.3-1})$$

$$M_r = S \cdot (F_u - F_R) ; F_R = 115 \text{ Mpa}$$

$$M_r = 5645,83 (3450 - 1150) = 129854,17 \text{ kgm}$$

Maka :

$$L_R = 2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 18,99 \cdot \frac{\sqrt{1041,67 \cdot 446}}{5106000}$$

$$L_R = 10141,95 \text{ cm}$$

$$L_P \leq L \leq L_R \quad \text{“Bentang menengah”}$$

$$M_n = C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right]$$

Output Momen pada jarak  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  dan  $\frac{3}{4}$  bentang

$$M_A = 6756.49 \text{ Kgm}$$

$$M_B = 9151.86 \text{ Kgm}$$

$$M_C = 6961.43 \text{ Kgm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 9151.86}{2,5 \cdot 9151.86 + 3 \cdot 9151.86 + 4 \cdot 9151.86 + 3 \cdot 6961.43}$$

$$C_b = 1,13$$

$$M_n = C_b \cdot \left[ M_R + (M_P - M_R) \frac{L_R - L_B}{L_R - L_B} \right]$$

$$M_n = 23207606.98 \text{ Kgm} > 9940.21 \text{ Kgm} \quad \text{OK}$$

**Kontrol Kuat Geser**

$$V_n = 0,6 \cdot A_w \cdot f_y = 0,6 \cdot 237,5 \cdot 3450 = 491625 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,9 \cdot 491625 = 442462,5 \text{ Kg} \\ \phi V_n &= 442462,5 \text{ Kg} > V_u = 4063.58 \text{ Kg} \quad \text{OK}\end{aligned}$$

### Lendutan Ijin

Syarat  $\delta' \leq \delta$  dimana  $\delta$  adalah lendutan ijin, sedangkan  $\delta'$  adalah lendutan yang terjadi

$$\begin{aligned}\delta &= \frac{\lambda}{800} \\ &= \frac{900}{800} = 1,125 \text{ cm}\end{aligned}$$

Pada SAP2000 didapatkan output lendutan batang sebesar 0,0018 m = 0,1 cm



Gambar 4.39 Lendutan Balok Portal Akhir Jembatan

Cek syarat lendutan ijin

$$\begin{aligned}\delta' &\leq \delta \\ 0,1 \text{ cm} &\leq 1,125 \text{ cm} \quad \text{OK}\end{aligned}$$

### 4.2.7 Rekap Desain Profil Jembatan Busur

Setelah melakukan kontrol setiap batang, maka dapat diambil rekapan desain profil Jembatan Busur yang dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Rekap Profil Busur Baja

No	Nama Batang	profil	Ukuran
1	Gelagar Memanjang	WF	450x200x9x14
2	Gelagar Melintang	WF	900x300x28x16
3	Ikatan Angin Silang Akhir Lantai	box	250x250x12
4	Ikatan Angin Lantai Kendaraan	Siku	250x250x35
5	batang Vertikal Portal Akhir	box	500x500x19



11	Batang Penggantung (Threadbars)	Baja Ulir	threadbars Ø47	14.4	2	14.1	406.08		
				13.86	2	14.1	390.852		
				12.96	2	14.1	365.472		
				11.7	2	14.1	329.94		
				10.8	2	14.1	304.56		
				8.1	2	14.1	228.42		
				5.76	2	14.1	162.432		
				14.58	2	14.1	411.156		
Total							2598.912		
12	Rangka Utama Diagonal segmen 1,2	box	180X180X10	5.0129	4	63.92	1281.698272		
				5.0516	4	63.92	1291.593088		
				5.1153	4	63.92	1307.879904		
				5.2032	4	63.92	1330.354176		
				5.3141	4	63.92	1358.709088		
				5.4466	4	63.92	1392.586688		
				5.5991	4	63.92	1431.577888		
				5.7701	4	63.92	1475.299168		
13	Rangka Utama Diagonal segmen 3			5.958	4	63.92	1523.34144		
Total							12393.03971		
14	Rangka Utama Tepi Bawah	box	400x400x16	5.0032	4	187.74	3757.203072		
				5.0291	4	187.74	3776.652936		
				5.0804	4	187.74	3815.177184		
				5.1563	4	187.74	3872.175048		
				5.2559	4	187.74	3946.970664		
				5.3778	4	187.74	4038.512688		
				5.5205	4	187.74	4145.67468		
				5.6824	4	187.74	4267.255104		
				5.862	4	187.74	4402.12752		
				6.0578	4	187.74	4549.165488		
Total							40570.91438		
15	Rangka Utama Tepi Atas Segmen 3	box	500x500x16	5.0032	4	237.98	4762.646144		
				5.0291	4	237.98	4787.300872		
				5.0804	4	237.98	4836.134368		
Total							14386.08138		
16	Rangka Utama Tepi Atas Segmen 2	box	500x500x19	5.1563	4	279.68	5768.455936		
				5.2559	4	279.68	5879.880448		
				5.3778	4	279.68	6016.252416		
Total							17664.5888		
17	Rangka Utama Tepi Atas Segmen 1	box	500X500X25	5.5205	4	360.24	7954.81968		
				5.6824	4	360.24	8188.111104		
				5.862	4	360.24	8446.90752		
				6.0578	4	360.24	8729.047488		
Total							33318.88579		
18	Ikatan Angin Rangka Jembatan	box	180x180x6.3	7.2482	8	33.56	1945.996736		
				7.1222	8	33.56	1912.168256		
				7.0122	8	33.56	1882.635456		
				6.9191	8	33.56	1857.639968		
				6.8438	8	33.56	1837.423424		
				6.7868	8	33.56	1822.120064		
				6.7485	8	33.56	1811.83728		
				6.792	8	33.56	1823.51616		
Total									14893.33734
Total									389861.746

sedangkan untuk output perhitungan program bantu SAP200 dapat dilihat pada Tabel 5.24.

Tabel 4.10 Perhitungan Berat Struktur dengan SAP2000

OutputCase	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN
DEAD	LinStatic			1.278E-10	2.878E-11	3948.119

Dari hasil perhitungan diatas dapat diambil perbedaan antara perhitungan manual dengan SAP2000 berbeda  $\pm 1.25\%$ , sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa permodelan struktur pada SAP2000 sudah sesuai dan benar.

#### 4.3 Kontrol Lendutan pada Jembatan

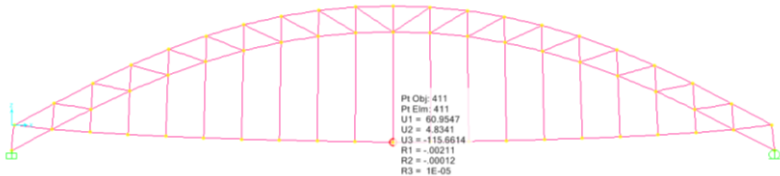
Dalam merencanakan struktur jembatan, salah satu syarat yang harus dipenuhi adalah lendutan yang terjadi tidak melebihi batas ijin. Menurut RSNI T-03-2005 pasal 4.7.2, lendutan maksimum untuk jembatan yaitu:

$$\delta = \frac{\lambda}{800}$$

Dimana  $\lambda$  adalah panjang bentang jembatan, maka:

$$\begin{aligned}\delta &= \frac{10000}{800} \\ &= 12,5 \text{ cm}\end{aligned}$$

Dalam perencanaan Jembatan Busur ini terjadi lendutan sebesar 11,5 cm untuk kombinasi Daya Layan I. Dari output SAP tersebut lendutan Jembatan Busur Pemali masih memenuhi syarat yang ditentukan.



Cek syarat lendutan ijin :

$$\delta' \leq \delta$$

$$11,5 \text{ cm} \leq 12,5 \text{ cm}$$

**OK**

#### 4.4 Perencanaan Sambungan

Sambungan menggunakan baut mutu tinggi tipe gesek yang perencanaannya berdasarkan RSNI T-03 2005

Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

Keterangan :

$\mu$  = koefisien gesek yang ditentukan ( $=0,35$ )

$\emptyset$  = lubang baut standar ( $=1$ )

$m$  = jumlah bidang geser

$T_b$  = tegangan tarik baut

Tabel 4.11 Gaya Tarik Baut Minimum

Diameter nominal baut [mm]	Gaya tarik minimum [kN]
16	95
20	145
24	210
30	335
36	490

#### 4.4.1 Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang

- Data Perencanaan:
  1. Profil balok memanjang WF 450 x 200 x 9 x 14
  2. Profil balok melintang WF 900 x 300 x 18 x 34
  3. Pelat penyambung  $t = 10\text{mm}$  ; BJ 50
  4. D baut = 2cm ;  $T_b = 145\text{ kN}$
  5. D lubang = 2 cm + 0,2 = 2,2 cm
- Sambungan pada balok memanjang
  1. Kekuatan geser baut
 
$$V_d = \emptyset \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 1 \times 14500$$

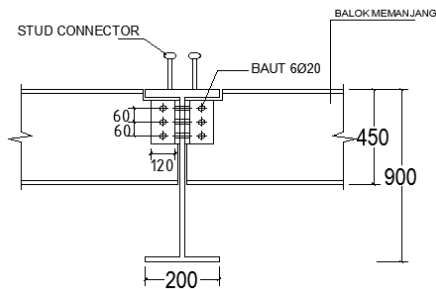
$$= 5734,75\text{ kg}$$
  2. Gaya geser yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar memanjang dengan melintang.  $V_u = 32215,31\text{kg}$
  3. Jumlah baut
 
$$n = V_u / V_d$$

$$= 32215,31 / 5734,75$$

$$= 5,6 \rightarrow 6\text{ buah}$$
  4. Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)
 

Jarak ke tepi ( $S_1$ ) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm

$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$   
 $4tp+100 = (4 \cdot 10 \text{ mm} + 100) = 140 \text{ mm}$   
 $S1 \text{ digunakan} = 30 \text{ mm}$   
 $\text{Jarak antar baut}(S) = 3 \text{ db s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $3 \text{ db} = 2,5 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$   
 $15tp = 15 \cdot 10 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$   
 $S \text{ digunakan} = 60 \text{ mm}$



Gambar 4.40 Sambungan Balok Memanjang

- Sambungan pada balok melintang
  1. Kekuatan geser baut
 
$$\begin{aligned}
 V_d &= \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b \\
 &= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 14500 \\
 &= 11470 \text{ kg}
 \end{aligned}$$
  2. Gaya geser yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar memanjang dengan melintang.
 
$$V_u = 32215,31 \text{ kg}$$
  3. Jumlah baut
 
$$\begin{aligned}
 n &= V_u / V_d \\
 &= 32215,31 / 11470 \\
 &= 2,8 \rightarrow 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$
- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)
 

Jarak ke tepi( $S1$ ) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm  
 $1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$   
 $4tp+100 = (4 \cdot 10 \text{ mm} + 100) = 140 \text{ mm}$

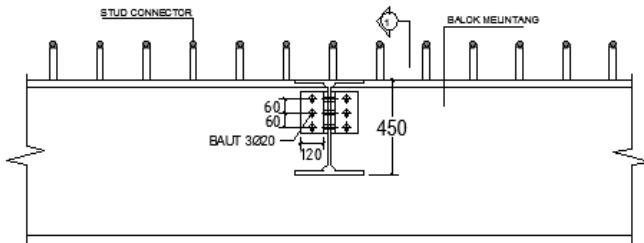
S1 digunakan = 30mm

Jarak antar baut(S) = 3 db s/d 15tp atau 200mm

3 db =  $2,5 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$

15tp =  $15 \cdot 10 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$

S digunakan = 60mm



Gambar 4.41 Sambungan Balok Melintang

- Kontrol Pelat Siku Penyambung L 180x180x8  
Kontrol Leleh

$$A_g = 14,4 \text{ cm}$$

$$A_{nv} = (L_{nv} - n \cdot d_l) \times t$$

$$= (18 - 3 \times 2,2) \times 0,8 = 9,12 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 14,4 = 37584 \text{ Kg}$$

Karena memakai 2 siku  $\phi T_n = 2 \times 37584 \text{ Kg} = 75168 \text{ Kg}$

$$\phi T_n = 75168 \text{ Kg} > V_u = 32215,31 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e$$

$$= 0,75 \cdot 5000 \cdot 9,12 = 34200 \text{ Kg}$$

Karena memakai 2 siku  $\phi T_n = 2 \times 34200 \text{ Kg} = 68400 \text{ Kg}$

$$\phi T_n = 68400 \text{ Kg} \geq V_u = 32215,31 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

#### 4.4.2 Sambungan Ikatan Angin dan Ikatan Silang

Direncanakan Baut Tipe A325

- Sambungan Ikatan Angin Rangka Box 180x180x6,3

Direncanakan:

$$m = 1 \text{ (jumlah bidang geser)}$$



Baut Tipe A325

$$F_u = 825 \text{ Mpa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 585 \text{ Mpa} = 5850 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Diameter baut (db)} = 24 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter lubang (d1)} = 26 \text{ mm}$$

$$\text{Baut ulir (r1)} = 0,5$$

Pelat Siku T= 12 mm BJ 50

$$F_u = 500 \text{ MPa} = 5000 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 290 \text{ MPa} = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

Kuat geser

$$\phi R_n = m \cdot r1 \cdot f_u \cdot A_b \phi$$

$$= 0,75 \times 1 \times 0,5 \times 8250 \text{ kg/cm}^2 \times 4,524 \text{ cm}^2$$

$$= 13995,80 \text{ kg}$$

Kuat tumpu

$$\phi R_n = 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot F_u \phi$$

$$= 2,4 \times 2,4 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \times 5000 \text{ kg/cm}^2 \times 0,75$$

$$= 25920,00 \text{ kg}$$

Antara kuat geser dan kuat tumpu, yang terkecil yang menentukan, maka:

$$V_u = 32844,5 \text{ kg}$$

Jumlah baut pada ikatan angin:

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{32844,5}{13995,80} = 4 \text{ M24}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi (S1) = 1,5 db s/d (4tp+100) atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 24 \text{ mm} = 36 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 12 \text{ mm} + 100) = 148 \text{ mm}$$

S1 digunakan = 50mm

Jarak antar baut (S) = 3 db s/d 15tp atau 200mm

$$3 \text{ db} = 2,5 \cdot 24 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 12 \text{ mm} = 180 \text{ mm}$$

S digunakan = 100 mm

- Kontrol Pelat Penyambung  $t = 1,2 \text{ cm}$

Kontrol Leleh

$$A_g = 14,4 \text{ cm}$$

$$A_{nv} = (L_{nv} - n \cdot d_l) \times t$$

$$= (18 - 3 \times 2,6) \times 0,8 = 9,12 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 14,4 = 37584 \text{ Kg}$$

$$\text{Karena memakai 2 siku } \phi T_n = 2 \times 37584 \text{ Kg} = 75168 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 75168 \text{ Kg} > V_u = 32844,5 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e$$

$$= 0,75 \cdot 5000 \cdot 9,12 = 34200 \text{ Kg}$$

$$\text{Karena memakai 2 siku } \phi T_n = 2 \times 34200 \text{ Kg} = 68400 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 68400 \text{ Kg} \geq V_u = 32844,5 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

- Sambungan Las

Mutu las ( $F_{E70xx}$ )

Mutu baja box (EN 10025)

$$t \leq 16 \quad f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$16 \leq t \leq 40 \quad f_y = 345 \text{ MPa}$$

$$40 \leq t \leq 63 \quad f_y = 335 \text{ Mpa}$$

$$R_u = 32844,5 \text{ kg}$$

Tebal las = 10 mm

$$\phi \cdot R_{nw} (\text{las}) = 0,75 \times \text{luas efektif} \times 0,6 \times f_{uw}$$

$$\text{Panjang Efektif} = \frac{V_u}{(0,75 \times 0,735 \times 0,6 \times 70 \times 70,3)}$$

$$= \frac{32844,5}{(0,75 \times 0,735 \times 0,6 \times 70 \times 70,3)} = 18 \text{ cm}$$

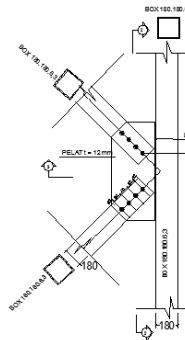
Dibebani gaya tarik dan tekan

$$\phi \cdot R_{nw} (\text{bahan dasar}) = 0,9 \times \text{luas efektif} \times f_y$$

$$= 57510 \text{ kg} \geq R_u \quad \text{OK}$$

$$\phi \cdot R_{nw} (\text{las}) = 0,9 \times \text{luas efektif} \times f_{uw}$$

$$\begin{aligned}
 &= 79720.2 \text{ kg} \geq R_u \quad \text{OK} \\
 \text{Dibebani gaya geser} \\
 \text{Ø.Rnw (bahan dasar)} &= 0,9 \times \text{luas efektif} \times 0,6 \times f_y \\
 &= 34506 \text{ kg} \geq R_u \quad \text{OK} \\
 \text{Ø.Rnw (las)} &= 0,75 \times \text{luas efektif} \times 0,6 \times f_{uw} \\
 &= 34506 \text{ kg} \geq R_u \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.42 Sambungan Ikatan Angin Atas

- Sambungan Ikatan Angin Rangka Silang Box 180x180x6,3

Direncanakan:

$m = 1$  (jumlah bidang geser)

Baut Tipe A325

$F_u = 825 \text{ Mpa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$

$F_y = 585 \text{ Mpa} = 5850 \text{ kg/cm}^2$

Diameter baut ( $d_b$ ) = 16 mm

Diameter lubang ( $d_l$ ) = 18 mm

Baut ulir ( $r_1$ ) = 0,5

Pelat Siku T= 12 mm BJ 50

$F_u = 500 \text{ MPa} = 5000 \text{ kg/cm}^2$

$F_y = 290 \text{ MPa} = 2900 \text{ kg/cm}^2$

Kuat geser

$$\begin{aligned}\phi R_n &= m \cdot r1fu \cdot Ab\phi \\ &= 0,75 \times 1 \times 0,5 \times 8250 \text{ kg/cm}^2 \times 2,011 \text{ cm}^2 \\ &= 6220,35 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 2,4 \text{ db tp } Fu\phi \\ &= 2,4 \times 1,6 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \times 5000 \text{ kg/cm}^2 \times 0,75 \\ &= 17280 \text{ kg}\end{aligned}$$

Antara kuat geser dan kuat tumpu, yang terkecil yang menentukan, maka:

$$Vu = 9872,9 \text{ kg}$$

Jumlah baut pada ikatan angin:

$$n = \frac{Vu}{\phi R_n} = \frac{9872,9}{6220,35} = 3 \text{ M16}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi (S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 16 \text{ mm} = 24 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 12 \text{ mm} + 100) = 148 \text{ mm}$$

S1 digunakan = 50mm

Jarak antar baut (S) = 3 db s/d 15tp atau 200mm

$$3 \text{ db} = 2,5 \cdot 16 \text{ mm} = 48 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 12 \text{ mm} = 180 \text{ mm}$$

S digunakan = 100 mm

- Kontrol Pelat Penyambung  $t = 1,2 \text{ cm}$

Kontrol Leleh

$$A_g = 19,2 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}Anv &= (Lnv - n \cdot dl) \times t \\ &= (16 - 3 \times 1,8) \times 1,2 = 12,72 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\phi T_n = \phi \cdot fy \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 19,2 = 50112 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 50112 \text{ Kg} > Vu = 9872,9 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot fu \cdot Ae$$

$$= 0,75 \cdot 5000 \cdot 12,72 = 47700 \text{ Kg}$$

$$\emptyset T_n = 47700 \text{ Kg} \geq V_u = 9872,9 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

- Sambungan Las

Mutu las ( $F_{E70xx}$ )

Mutu baja box (EN 10025)

$t \leq 16 \quad f_y = 355 \text{ MPa}$

$16 \leq t \leq 40 \quad f_y = 345 \text{ MPa}$

$40 \leq t \leq 63 \quad f_y = 335 \text{ Mpa}$

$R_u = 9872,9 \text{ kg}$

Tebal las = 10 mm

$\emptyset.Rnw \text{ (las)} = 0,75 \times \text{luas efektif} \times 0,6 \times f_{uw}$

$$\text{Panjang Efektif} = \frac{V_u}{(0,75 \times 0,735 \times 0,6 \times 70 \times 70,3)}$$

$$= \frac{9872,9}{(0,75 \times 0,735 \times 0,6 \times 70 \times 70,3)} = 6,065 \text{ cm}$$

Dibebani gaya tarik dan tekan

$$\begin{aligned} \emptyset.Rnw \text{ (bahan dasar)} &= 0,9 \times \text{luas efektif} \times f_y \\ &= 19170 \text{ kg} \geq R_u \quad \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset.Rnw \text{ (las)} &= 0,9 \times \text{luas efektif} \times f_{uw} \\ &= 26573,4 \text{ kg} \geq R_u \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Dibebani gaya geser

$$\begin{aligned} \emptyset.Rnw \text{ (bahan dasar)} &= 0,9 \times \text{luas efektif} \times 0,6 \times f_y \\ &= 11502 \text{ kg} \geq R_u \quad \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset.Rnw \text{ (las)} &= 0,75 \times \text{luas efektif} \times 0,6 \times f_{uw} \\ &= 13286,7 \text{ kg} \geq R_u \quad \text{OK} \end{aligned}$$

- Sambungan Ikatan Angin Atas Horizontal Box 180x180x6,3

Direncanakan:

$m = 1$  (jumlah bidang geser)

Baut Tipe A325

$F_u = 825 \text{ Mpa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$

$F_y = 585 \text{ Mpa} = 5850 \text{ kg/cm}^2$

Diameter baut (db) = 16 mm

Diameter lubang ( $d_1$ ) = 18 mm

Baut ulir ( $r_1$ ) = 0,5

Pelat Siku T= 12 mm BJ 50

$F_u$  = 500 MPa = 5000 kg/cm<sup>2</sup>

$F_y$  = 290 MPa = 2900 kg/cm<sup>2</sup>

Kuat geser

$\phi R_n$  = m r1 fu Ab $\phi$

$$= 0,75 \times 1 \times 0,5 \times 8250 \text{ kg/cm}^2 \times 2,011 \text{ cm}^2$$

$$= 6220,35 \text{ kg}$$

Kuat tumpu

$\phi R_n$  = 2,4 db tp Fu $\phi$

$$= 2,4 \times 1,6 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \times 5000 \text{ kg/cm}^2 \times 0,75$$

$$= 17280 \text{ kg}$$

Antara kuat geser dan kuat tumpu, yang terkecil yang menentukan, maka:

$$V_u = 10921 \text{ kg}$$

Jumlah baut pada ikatan angin:

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{10921}{6220,35} = 4 \text{ M16}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi ( $S_1$ ) = 1,5 db s/d (4tp+100) atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 16 \text{ mm} = 24 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 12 \text{ mm} + 100) = 148 \text{ mm}$$

$S_1$  digunakan = 60mm

Jarak antar baut ( $S$ ) = 3 db s/d 15tp atau 200mm

$$3 \text{ db} = 2,5 \cdot 16 \text{ mm} = 48 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 12 \text{ mm} = 180 \text{ mm}$$

$S$  digunakan = 100 mm

- Kontrol Pelat Penyambung  $t = 1,2 \text{ cm}$

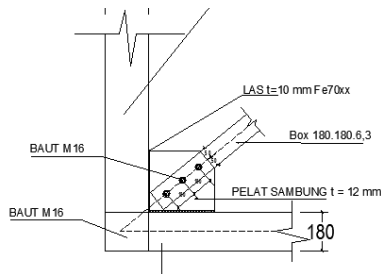
Kontrol Leleh

$$A_g = 19,2 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= (L_{nv} - n \cdot d_l) \times t \\
 &= (16 - 3 \times 1,8) \times 1,2 = 12,72 \text{ cm}^2 \\
 \phi T_n &= \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 19,2 = 50112 \text{ Kg} \\
 \phi T_n &= 50112 \text{ Kg} > V_u = 10921 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

Kontrol Putus

$$\begin{aligned}
 \phi T_n &= \phi \cdot f_u \cdot A_e \\
 &= 0,75 \cdot 5000 \cdot 12,72 = 47700 \text{ Kg} \\
 \phi T_n &= 47700 \text{ Kg} \geq V_u = 10921 \text{ k} \quad \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.43 Ikatan Angin Atas Horizontal

- Sambungan Ikatan Angin Bawah Siku L250x250x35

Direncanakan:

$m = 1$  (jumlah bidang geser)

Baut Tipe A325

$F_u = 825 \text{ Mpa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$

$F_y = 585 \text{ Mpa} = 5850 \text{ kg/cm}^2$

Diameter baut ( $d_b$ ) = 24 mm

Diameter lubang ( $d_l$ ) = 26 mm

Baut ulir ( $r_1$ ) = 0,5

Pelat Siku  $T = 12 \text{ mm}$  BJ 50

$F_u = 500 \text{ MPa} = 5000 \text{ kg/cm}^2$

$F_y = 290 \text{ MPa} = 2900 \text{ kg/cm}^2$

Kuat geser

$$\phi R_n = m \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_b \phi$$

$$= 0,75 \times 1 \times 0,5 \times 8250 \text{ kg/cm}^2 \times 4,524 \text{ cm}^2$$

$$= 13995,80 \text{ kg}$$

Kuat tumpu

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 2,4 \text{ db tp } F_u \phi \\ &= 2,4 \times 2,4 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \times 5000 \text{ kg/cm}^2 \times 0,75 \\ &= 25920,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

Antara kuat geser dan kuat tumpu, yang terkecil yang menentukan, maka:

$$V_u = 89728,16 \text{ kg}$$

Jumlah baut pada ikatan angin:

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{89728,16}{13995,80} = 8 \text{ M24}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi (S1) = 1,5 db s/d (4tp+100) atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 24 \text{ mm} = 24 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 12 \text{ mm} + 100) = 148 \text{ mm}$$

S1 digunakan = 50mm

Jarak antar baut (S) = 3 db s/d 15tp atau 200mm

$$3 \text{ db} = 2,5 \cdot 24 \text{ mm} = 72 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 12 \text{ mm} = 180 \text{ mm}$$

S digunakan = 100 mm

- Kontrol Pelat Penyambung  $t = 1,2 \text{ cm}$

Kontrol Leleh

$$A_g = 48 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= (L_{nv} - n \cdot d) \times t \\ &= (40 - 4 \times 2,6) \times 1,2 = 35,52 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 48 = 125280 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 125280 \text{ Kg} > V_u = 89728,16 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e$$



$$\begin{aligned} &= 0,75 \cdot 5000 \cdot 35,52 = 133200 \text{ Kg} \\ \emptyset T_n &= 133200 \text{ Kg} \geq V_u = 89728,16 \text{ kg} \text{ OK} \end{aligned}$$

- Sambungan Las

Mutu las ( $F_{E70xx}$ )

Mutu baja box (EN 10025)

$t \leq 16$      $f_y = 355 \text{ MPa}$

$16 \leq t \leq 40$      $f_y = 345 \text{ MPa}$

$40 \leq t \leq 63$      $f_y = 335 \text{ MPa}$

$R_u = 89728,16 \text{ kg}$

Tebal las = 10 mm

$\emptyset.R_{nw} (\text{las}) = 0,75 \times \text{luas efektif} \times 0,6 \times f_{uw}$

$$\text{Panjang Efektif} = \frac{V_u}{(0,75 \times 0,735 \times 0,6 \times 70 \times 70,3)}$$

$$= \frac{89728,2}{(0,75 \times 0,735 \times 0,6 \times 70 \times 70,3)} = 48,128 \text{ cm}$$

Dibebani gaya tarik dan tekan

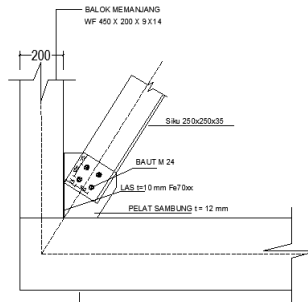
$$\begin{aligned} \emptyset.R_{nw} (\text{bahan dasar}) &= 0,9 \times \text{luas efektif} \times f_y \\ &= 153360 \text{ kg} \geq R_u \quad \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset.R_{nw} (\text{las}) &= 0,9 \times \text{luas efektif} \times f_{uw} \\ &= 212587,2 \text{ kg} \geq R_u \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Dibebani gaya geser

$$\begin{aligned} \emptyset.R_{nw} (\text{bahan dasar}) &= 0,9 \times \text{luas efektif} \times 0,6 \times f_y \\ &= 92016 \text{ kg} \geq R_u \quad \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset.R_{nw} (\text{las}) &= 0,75 \times \text{luas efektif} \times 0,6 \times f_{uw} \\ &= 106293,6 \text{ kg} \geq R_u \quad \text{OK} \end{aligned}$$



Gambar 4.44 Sambungan Ikatan Angin Bawah

- Sambungan Ikatan Silang Akhir Box 180x180x6,3

Direncanakan:

$m = 1$  (jumlah bidang geser)

Baut Tipe A325

$F_u = 825 \text{ Mpa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$

$F_y = 585 \text{ Mpa} = 5850 \text{ kg/cm}^2$

Diameter baut ( $d_b$ ) = 20 mm

Diameter lubang ( $d_l$ ) = 22 mm

Baut ulir ( $r_l$ ) = 0,5

Pelat Siku T = 12 mm BJ 50

$F_u = 500 \text{ MPa} = 5000 \text{ kg/cm}^2$

$F_y = 290 \text{ MPa} = 2900 \text{ kg/cm}^2$

Kuat geser

$$\begin{aligned} \phi R_n &= m \cdot r_l \cdot f_u \cdot A_b \phi \\ &= 0,75 \times 1 \times 0,5 \times 8250 \text{ kg/cm}^2 \times 3,142 \text{ cm}^2 \\ &= 9719,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \phi \\ &= 2,4 \times 2,2 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \times 5000 \text{ kg/cm}^2 \times 0,75 \\ &= 21600 \text{ kg} \end{aligned}$$

Antara kuat geser dan kuat tumpu, yang terkecil yang menentukan, maka:

$$V_u = 29818,19 \text{ kg}$$

Jumlah baut pada ikatan angin:

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{29818,19}{9719,30} = 6 \text{ M24}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi(S1)= 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 22 \text{ mm} + 100) = 188 \text{ mm}$$

S1 digunakan = 50mm

Jarak antar baut(S) = 3 db s/d 15tp atau 200mm

$$3 \text{ db} = 2,5 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 22 \text{ mm} = 330 \text{ mm}$$

S digunakan = 100 mm

- Kontrol Pelat Penyambung  $t = 1,2 \text{ cm}$

Kontrol Leleh

$$A_g = 26,4 \text{ cm}$$

$$A_{nv} = (L_{nv} - n \cdot d) \times t$$

$$= (22 - 6 \times 2,2) \times 1,2 = 10,56 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 26,4 = 68904 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 68904 \text{ Kg} > V_u = 29818,19 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e$$

$$= 0,75 \cdot 5000 \cdot 10,56 = 39600 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 39600 \text{ Kg} \geq V_u = 29818,19 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

- Sambungan Las

Mutu las ( $F_{E70xx}$ )

Mutu baja box (EN 10025)

$$t \leq 16 \quad f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$16 \leq t \leq 40 \quad f_y = 345 \text{ MPa}$$

$$40 \leq t \leq 63 \quad f_y = 335 \text{ Mpa}$$

$$R_u = 29818,19 \text{ kg}$$

Tebal las = 10 mm

$\emptyset.Rnw$  (las) =  $0,75 \times \text{luas efektif} \times 0,6 \times f_{uw}$

$$\text{Panjang Efektif} = \frac{V_u}{(0,75 \times 0,735 \times 0,6 \times 70 \times 70,3)}$$

$$= \frac{29818,19}{(0,75 \times 0,735 \times 0,6 \times 70 \times 70,3)} = 16,32 \text{ mm}$$

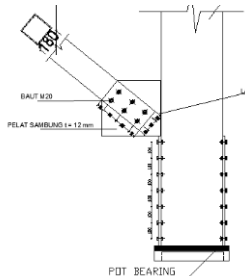
$$\begin{aligned} \emptyset.Rnw \text{ (bahan dasar)} &= 0,9 \times \text{luas efektif} \times f_y \\ &= 51120 \text{ kg} \geq R_u \quad \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset.Rnw \text{ (las)} &= 0,9 \times \text{luas efektif} \times f_{uw} \\ &= 70862,4 \text{ kg} \geq R_u \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Dibebani gaya geser

$$\begin{aligned} \emptyset.Rnw \text{ (bahan dasar)} &= 0,9 \times \text{luas efektif} \times 0,6 \times f_y \\ &= 30672 \text{ kg} \geq R_u \quad \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset.Rnw \text{ (las)} &= 0,75 \times \text{luas efektif} \times 0,6 \times f_{uw} \\ &= 35431,2 \text{ kg} \geq R_u \quad \text{OK} \end{aligned}$$



Gambar 4.45 Sambungan Ikatan Silang Akhir Box

#### 4.4.3 Sambungan Gelagar Melintang dan Batang Tarik

- Data Perencanaan:
  1. Profil busur box 500 x 500 x 19 x 19
  2. Profil balok melintang WF 900 x 300 x 18 x 34
  3. Pelat penyambung  $t = 20 \text{ mm}$  ; BJ 37
  4. D baut = 3cm ;  $T_b = 335 \text{ kN}$
  5. D lubang =  $3 \text{ cm} + 0,2 = 3,2 \text{ cm}$

- Sambungan pada balok melintang

1. Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_d &= \emptyset \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b \\ &= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 1 \times 33500 \\ &= 13249,25 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Gaya geser yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar melintang dengan busur .  
 $V_u = 88343,55 \text{ kg}$

3. Jumlah baut

$$\begin{aligned} n &= V_u / V_d \\ &= 88343,55 / 13249,25 \\ &= 6,67 \rightarrow 8 \text{ buah} \end{aligned}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi ( $S_1$ ) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 20\text{mm} + 100) = 180 \text{ mm}$$

$S_1$  digunakan = 50mm

Jarak antar baut ( $S$ ) = 3 db s/d 15tp atau 200mm

$$3 \text{ db} = 3 \cdot 30 \text{ mm} = 90 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 20\text{mm} = 300 \text{ mm}$$

$S$  digunakan = 100mm

- Kontrol Pelat Siku Penyambung L 250x250x2

Kontrol Leleh

$$A_g = 24,4 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= (L_{nv} - n \cdot dl) \times t \\ &= (25 - 3 \times 3,2) \times 2 = 24,4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\emptyset T_n = \emptyset \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 50 = 130500 \text{ Kg}$$

Karena memakai 2 siku  $\emptyset T_n = 2 \times 130500 \text{ Kg} = 261000 \text{ Kg}$

$$\emptyset T_n = 261000 \text{ Kg} > V_u = 88343,55 \text{ kg} \quad \textbf{OK}$$

Kontrol Putus

$$\emptyset T_n = \emptyset \cdot f_u \cdot A_e$$

$$= 0,75 \cdot 5000 \cdot 24,4 = 91500 \text{ Kg}$$

Karena memakai 2 siku  $\emptyset T_n = 2 \times 91500 \text{ Kg} = 183000 \text{ kg}$

$$\phi T_n = 183000 \text{ Kg} \geq V_u = 88343.55 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

#### 4.4.4 Sambungan Busur

##### A. Busur Batang Atas Segmen 3

- Data Perencanaan:
  1. Pelat penyambung  $t = 20 \text{ mm}$  ; BJ 50
  2. D baut =  $3 \text{ cm}$  ;  $T_b = 335 \text{ kN}$
  3. D lubang =  $3 \text{ cm} + 0,2 = 3,2 \text{ cm}$
- Kekuatan geser baut
 
$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 1 \times 33500$$

$$= 13249.25 \text{ kg}$$
- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.
 
$$V_u = 772465.2 \text{ Kg}$$
- Jumlah baut
 
$$n = V_u / V_d$$

$$= 772465.2 / 13249.25$$

$$= 58,30 \rightarrow 60 \text{ buah}$$
  - Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)
 
$$\text{Jarak ke tepi}(S_1) = 1,5 \text{ db s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$$

$$4t_p + 100 = (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 180 \text{ mm}$$

$$S_1 \text{ digunakan} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut}(S) = 3 \text{ db s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$3 \text{ db} = 3 \cdot 30 \text{ mm} = 90 \text{ mm}$$

$$15t_p = 15 \cdot 20 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

$$S \text{ digunakan} = 100 \text{ mm}$$
- Kontrol Pelat Penyambung  $t = 2 \text{ cm}$ 
 Kontrol Leleh
 
$$A_g = 500 \text{ cm}$$

$$A_{nv} = (L_{nv} - n \cdot d_l) \times t$$

$$= (250 - 59 \times 3,2) \times 2 = 311,2 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 500 = 1305000 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 1305000 \text{ Kg} > V_u = 772465.2 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e$$

$$= 0,75 \cdot 5000 \cdot 311,2 = 1167000 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 1167000 \text{ Kg} \geq V_u = 772465,2 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

## B. Busur Batang Atas Segmen 2

- Data Perencanaan:

1. Pelat penyambung  $t = 20 \text{ mm}$  ; BJ 50

2. D baut = 3cm ;  $T_b = 335 \text{ kN}$

3. D lubang = 3 cm + 0,2 = 3,2 cm

- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 1 \times 33500$$

$$= 13249,25 \text{ kg}$$

- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.

$$V_u = 956322,5 \text{ kg}$$

- Jumlah baut

$$n = V_u / V_d$$

$$= 956322,5 / 13249,25$$

$$= 72,17 \rightarrow 74 \text{ buah}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi ( $S_1$ ) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 180 \text{ mm}$$

$S_1$  digunakan = 50mm

Jarak antar baut ( $S$ ) = 3 db s/d 15tp atau 200mm

$$3 \text{ db} = 3 \cdot 30 \text{ mm} = 90 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 20 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

$S$  digunakan = 100mm

- Kontrol Pelat Penyambung  $t = 2 \text{ cm}$

Kontrol Leleh

$$A_g = 540 \text{ cm}$$

$$A_{nv} = (L_{nv} - n \cdot dl) \times t$$

$$= (270 - 74 \times 3,2) \times 2 = 303,2 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}\phi T_n &= \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 500 = 1409400 \text{ Kg} \\ \phi T_n &= 1409400 \text{ Kg} > V_u = 956322,5 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}\end{aligned}$$

Kontrol Putus

$$\begin{aligned}\phi T_n &= \phi \cdot f_u \cdot A_e \\ &= 0,75 \cdot 5000 \cdot 303,2 = 1137000 \text{ Kg} \\ \phi T_n &= 1137000 \text{ Kg} \geq V_u = 772465,2 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}\end{aligned}$$

### C. Busur Batang Atas Segmen 1

- Data Perencanaan:
  1. Pelat penyambung  $t = 20 \text{ mm}$  ; BJ 50
  2. D baut =  $3,6 \text{ cm}$  ;  $T_b = 335 \text{ kN}$
  3. D lubang =  $3,6 \text{ cm} + 0,2 = 3,8 \text{ cm}$
- Kekuatan geser baut
 
$$\begin{aligned}V_d &= \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b \\ &= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 1 \times 49000 \\ &= 19379,5 \text{ kg}\end{aligned}$$
- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.  
 $V_u = 1189298,4 \text{ kg}$
- Jumlah baut
 
$$\begin{aligned}n &= V_u / V_d \\ &= 1189298,4 / 19379,5 \\ &= 61,3 \rightarrow 62 \text{ buah}\end{aligned}$$
- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)
 

Jarak ke tepi ( $S_1$ ) =  $1,5 \text{ db s/d } (4t_p + 100)$  atau  $200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}1,5 \text{ db} &= 1,5 \cdot 36 \text{ mm} = 54 \text{ mm} \\ 4t_p + 100 &= (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 180 \text{ mm} \\ S_1 \text{ digunakan} &= 55 \text{ cm}\end{aligned}$$

Jarak antar baut ( $S$ ) =  $3 \text{ db s/d } 15t_p$  atau  $200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}2,5 \text{ db} &= 3 \cdot 36 \text{ mm} = 108 \text{ mm} \\ 15t_p &= 20 \cdot 15 \text{ mm} = 300 \text{ mm} \\ S \text{ digunakan} &= 130 \text{ cm}\end{aligned}$$
- Kontrol Pelat Penyambung  $t = 2 \text{ cm}$   
 Kontrol Leleh



$$\begin{aligned}
 A_g &= 620 \text{ cm} \\
 Anv &= (Lnv - n. dl) \times t \\
 &= (310 - 62 \times 3,8) \times 2 = 384,4 \text{ cm}^2 \\
 \phi T_n &= \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 620 = 1618200 \text{ Kg} \\
 \phi T_n &= 1618200 \text{ Kg} > V_u = 1189298,4 \text{ kg} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

Kontrol Putus

$$\begin{aligned}
 \phi T_n &= \phi \cdot f_u \cdot A_e \\
 &= 0,75 \cdot 5000 \cdot 384,4 = 1441500 \text{ Kg} \\
 \phi T_n &= 1441500 \text{ Kg} \geq V_u = 1189298,4 \text{ kg} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

#### D. Busur Batang Bawah

- Data Perencanaan:
  1. Pelat penyambung  $t = 20 \text{ mm}$  ; BJ 50
  2. D baut =  $3 \text{ cm}$  ;  $T_b = 335 \text{ kN}$
  3. D lubang =  $3 \text{ cm} + 0,2 = 3,2 \text{ cm}$
- Kekuatan geser baut
 
$$\begin{aligned}
 V_d &= \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b \\
 &= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 1 \times 33500 \\
 &= 13249,25 \text{ kg}
 \end{aligned}$$
- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.
 
$$V_u = 476076,3 \text{ kg}$$
- Jumlah baut
 
$$\begin{aligned}
 n &= V_u / V_d \\
 &= 476076,3 / 13249,25 \\
 &= 35,93 \rightarrow 36 \text{ buah}
 \end{aligned}$$
- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)
 
$$\begin{aligned}
 \text{Jarak ke tepi}(S_1) &= 1,5 \text{ db s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 1,5 \text{ db} &= 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm} \\
 4t_p + 100 &= (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 180 \text{ mm} \\
 S_1 \text{ digunakan} &= 50 \text{ mm} \\
 \text{Jarak antar baut}(S) &= 3 \text{ db s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 3 \text{ db} &= 3 \cdot 30 \text{ mm} = 90 \text{ mm} \\
 15t_p &= 15 \cdot 20 \text{ mm} = 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

S digunakan = 100mm

- Kontrol Pelat Penyambung  $t = 2 \text{ cm}$

Kontrol Leleh

$$A_g = 300 \text{ cm}$$

$$A_{nv} = (L_{nv} - n \cdot d) \times t$$

$$= (150 - 36 \times 3,2) \times 2 = 184,8 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 300 = 783000 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 783000 \text{ Kg} > V_u = 476076,3 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e$$

$$= 0,75 \cdot 5000 \cdot 184,8 = 693000 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 693000 \text{ Kg} \geq V_u = 476076,3 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

## E. Busur Batang Vertikal

- Data Perencanaan:

1. Pelat penyambung  $t = 20 \text{ mm}$  ; BJ 50

2. D baut =  $2,4 \text{ cm}$  ;  $T_b = 210 \text{ kN}$

3. D lubang =  $2,4 \text{ cm} + 0,2 = 2,6 \text{ cm}$

- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 1 \times 21000$$

$$= 8305,5 \text{ kg}$$

- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.

$$V_u = 165276,9 \text{ Kg}$$

- Jumlah baut

$$n = V_u / V_d$$

$$= 165276,9 / 8305,5$$

$$= 20 \text{ buah}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi ( $S_1$ ) =  $1,5 d_b$  s/d  $(4t_p + 100)$  atau  $200 \text{ mm}$

$$1,5 d_b = 1,5 \cdot 24 \text{ mm} = 36 \text{ mm}$$

$$4t_p + 100 = (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 180 \text{ mm}$$

$S_1$  digunakan =  $50 \text{ cm}$

Jarak antar baut(S) = 3 db s/d 15tp atau 200mm

$$2,5 \text{ db} = 3 \cdot 24 \text{ mm} = 72 \text{ mm}$$

$$15 \text{ tp} = 20 \cdot 15 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

S digunakan = 80 cm

- Kontrol Pelat Penyambung  $t = 2 \text{ cm}$

Kontrol Leleh

$$A_g = 160 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= (L_{nv} - n \cdot d) \times t \\ &= (150 - 20 \times 2,4) \times 2 = 96 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 160 = 417600 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 417600 \text{ Kg} > V_u = 165276,9 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e$$

$$= 0,75 \cdot 5000 \cdot 96 = 360000 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 360000 \text{ Kg} \geq V_u = 165276,9 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

## F. Busur Batang Diagonal

- Data Perencanaan:

1. Pelat penyambung  $t = 22 \text{ mm}$  ; BJ 50

2. D baut = 2,4cm ;  $T_b = 210 \text{ kN}$

3. D lubang = 2,4 cm + 0,2 = 2,6 cm

- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 1 \times 21000$$

$$= 8305,5 \text{ kg}$$

- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.

$$V_u = 138335,1 \text{ Kg}$$

- Jumlah baut

$$n = V_u / V_d$$

$$= 138335,1 / 8305,5$$

$$= 17 \text{ buah}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)  
 Jarak ke tepi(S1)= 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm  
 $1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 24 \text{ mm} = 36 \text{ mm}$   
 $4\text{tp}+100 = (4 \cdot 20\text{mm} + 100) = 180 \text{ mm}$   
 S1 digunakan = 50cm  
 Jarak antar baut(S) = 3 db s/d 15tp atau 200mm  
 $2,5 \text{ db} = 3 \cdot 24 \text{ mm} = 72 \text{ mm}$   
 $15\text{tp} = 20 \cdot 15 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$   
 S digunakan = 80 cm
- Kontrol Pelat Penyambung  $t = 2 \text{ cm}$   
 Kontrol Leleh  
 $A_g = 120 \text{ cm}$   
 $Anv = (Ln_v - n \cdot dl) \times t$   
 $= (60 - 17 \times 2,4) \times 2 = 65,6 \text{ cm}^2$   
 $\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 120 = 313200 \text{ Kg}$   
 $\phi T_n = 313200 \text{ Kg} > V_u = 138335,1 \text{ kg} \quad \text{OK}$   
  
 Kontrol Putus  
 $\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e$   
 $= 0,75 \cdot 5000 \cdot 96 = 246000 \text{ Kg}$   
 $\phi T_n = 246000 \text{ Kg} \geq V_u = 138335,1 \quad \text{OK}$

### G. Busur Batang Vertikal Akhir

- Data Perencanaan:
  1. Pelat penyambung  $t = 22 \text{ mm}$  ; BJ 50
  2. D baut = 3cm ;  $T_b = 335 \text{ kN}$
  3. D lubang = 3 cm + 0,2 = 3,2 cm
- Kekuatan geser baut  
 $V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$   
 $= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 1 \times 33500$   
 $= 13249,25 \text{ kg}$
- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.

- $V_u = 791114 \text{ Kg}$
- Jumlah baut  
 $n = V_u / V_d$   
 $= 791114 / 13249.25$   
 $= 42,11 \rightarrow 43 \text{ buah}$
- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)  
 Jarak ke tepi ( $S_1$ ) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm  
 $1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$   
 $4tp+100 = (4 \cdot 22 \text{ mm} + 100) = 188 \text{ mm}$   
 $S_1 \text{ digunakan} = 50 \text{ cm}$   
 Jarak antar baut ( $S$ ) = 3 db s/d 15tp atau 200mm  
 $2,5 \text{ db} = 3 \cdot 30 \text{ mm} = 90 \text{ mm}$   
 $15tp = 22 \cdot 15 \text{ mm} = 330 \text{ mm}$   
 $S \text{ digunakan} = 100 \text{ cm}$
- Kontrol Pelat Penyambung  $t = 2 \text{ cm}$   
 Kontrol Leleh  
 $A_g = 440 \text{ cm}$   
 $A_{nv} = (L_{nv} - n \cdot d_l) \times t$   
 $= (220 - 43 \times 2,4) \times 2 = 302,4 \text{ cm}^2$   
 $\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 440 = 1148400 \text{ Kg}$   
 $\phi T_n = 1148400 \text{ Kg} > V_u = 791114 \text{ kg} \quad \text{OK}$
- Kontrol Putus  
 $\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e$   
 $= 0,75 \cdot 5000 \cdot 302,4 = 1134000 \text{ Kg}$   
 $\phi T_n = 1134000 \text{ Kg} \geq V_u = 791114 \quad \text{OK}$

#### 4.5.6 Sambungan Busur Batang Tarik

Direncanakan busur box dimensi 500 x 500 x 19 x 19

- Data Perencanaan:
  1. Pelat penyambung  $t = 20 \text{ mm}$  ; BJ 50
  2. D baut = 3cm ;  $T_b = 335 \text{ kN}$
  3. D lubang = 3 cm + 0,2 = 3,2 cm

- Kekuatan geser baut  

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 1 \times 33500$$

$$= 13249,25 \text{ kg}$$
- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.  
 $V_u = 532784,4 \text{ kg}$

- Jumlah baut  

$$n = V_u / V_d$$

$$= 532784,4 / 13249,25$$

$$= 40,21 \rightarrow 41 \text{ buah}$$
  - Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)  
Jarak ke tepi (S1) = 1,5 db s/d (4tp+100) atau 200mm  
1,5 db = 1,5 . 30 mm = 45 mm  
4tp+100 = (4 . 20mm + 100) = 180 mm  
S1 digunakan = 50mm  
Jarak antar baut (S) = 3 db s/d 15tp atau 200mm  
3 db = 3 . 30 mm = 90 mm  
15tp = 15 . 20mm = 300 mm  
S digunakan = 100mm

- Kontrol Pelat Penyambung  $t = 2 \text{ cm}$   
Kontrol Leleh  

$$A_g = 600 \text{ cm}$$

$$A_{nv} = (L_{nv} - n \cdot d_l) \times t$$

$$= (300 - 41 \times 3,2) \times 2 = 468,8 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 600 = 1566000 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 1566000 \text{ Kg} > V_u = 532784,4 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

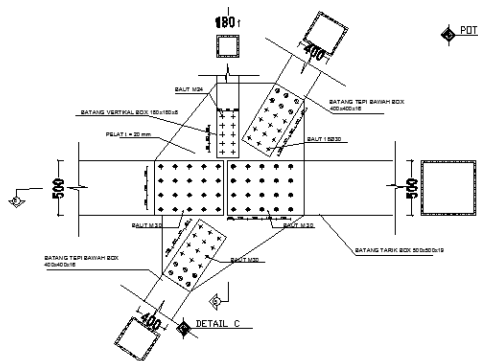
Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e$$

$$= 0,75 \cdot 5000 \cdot 468,8 = 1758000 \text{ Kg}$$

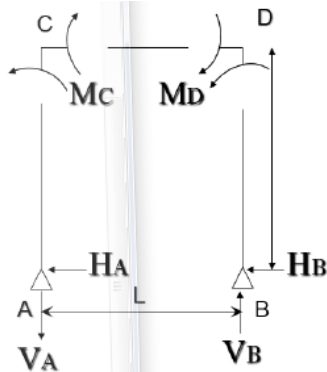
$$\phi T_n = 1758000 \text{ Kg} \geq V_u = 532784,4 \quad \text{OK}$$

Berikut salah satu gambar dari perencanaan baut yang telah dihitung pada gambar 4.46.



Gambar 4.46 Sambungan pada rangka Busur

### 4.3.8 Sambungan Portal Akhir



Gambar 4.47 Ilustrasi Portal Akhir

- Data Perencanaan:
  1. Profil Kolom Portal Akhir = Box 500 x 500 x 25
  2. Profil Balok Portal Akhir = Box 500 x 500 x 25
  3. Pelat penyambung  $t = 20 \text{ mm}$  ; BJ 50
  4. D baut = 36 cm ;  $T_b = 490 \text{ kN}$
  5. D lubang =  $3,6 \text{ cm} + 0,2 = 3,8 \text{ cm}$
- Kekuatan geser baut
 
$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 1 \times 49000$$

$$=19379,5 \text{ kg}$$

- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.

$$V_u = 1178302,7 \text{ Kg}$$

$$M_u = 9940,21 \text{ Kg}$$

- Jumlah baut

$$n = V_u / V_d$$

$$= 1178302,7 / 19379,5$$

$$= 60,815 \rightarrow 61 \text{ buah}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi ( $S_1$ ) = 1,5 db s/d (4tp+100) atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 36 \text{ mm} = 54 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 180 \text{ mm}$$

$S_1$  digunakan = 55mm

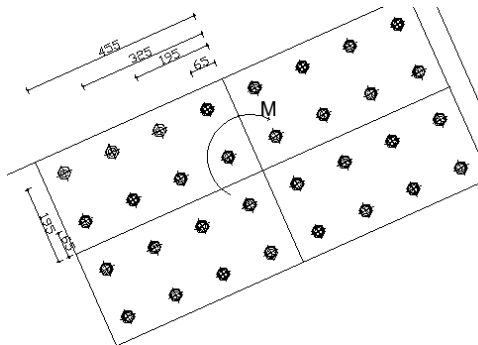
Jarak antar baut ( $S$ ) = 3 db s/d 15tp atau 200mm

$$3 \text{ db} = 3 \cdot 36 \text{ mm} = 108 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 20 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

$S$  digunakan = 130 mm

Kontrol sambungan pada momen sebidang dengan metode elastis



Gambar 4.48 Sambungan kolom portal akhir

Jarak sumbu x terjauh = 455 mm

Jarak sumbu y terjauh = 195 mm



Maka,

$$\sum x^2 = 8 \times 65^2 + 195^2 + 325^2 + 455^2$$

$$= 2839200 \text{ mm}^2$$

$$\sum y^2 = 16 \times (65^2 + 195^2) = 676000 \text{ mm}^2$$

$$\sum x^2 + \sum y^2 = 2839200 + 676000 = 3515200 \text{ mm}^2$$

$$\text{Akibat } P_u \quad P_v1 = \frac{P_u}{n \text{ baut}} = 18410.98$$

$$\begin{aligned} \text{akibat } M_u \quad P_v2 &= \frac{M_u \cdot x_{\max}}{\sum r^2} \\ &= \frac{9490,21 \cdot 455}{3515200} \\ &= 1.286 \\ P_h1 &= \frac{M_u \cdot y_{\max}}{\sum r^2} \\ &= \frac{9940,21 \cdot 195}{3515200} \\ &= 0,551 \end{aligned}$$

$$\sum PV = P_v1 + P_v2$$

$$\sum PV = 18410.97 + 1.28$$

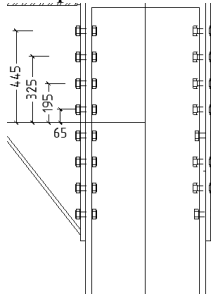
$$\sum PV = 18412.26$$

$$P_{\text{tot}} = \sqrt{P_v^2 + P_h^2}$$

$$P_{\text{tot}} = 18412.26 < \phi V_d$$

$$P_{\text{tot}} = 16494,71 < 19379,50 \quad (\text{ok})$$

kontrol sambungan teradap momen tidak sebidang



Gambar 4.49 Sambungan portal akhir

Jarak sumbu y terjauh = 455 mm

Maka,

$$\begin{aligned}\sum y^2 &= 2 \times 65^2 + 195^2 + 325^2 + 455^2 \\ &= 709800 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$Tu = \frac{Mu \cdot y \text{ max}}{\sum y^2}$$

$$Tu = \frac{9940,21 \cdot 455}{709800}$$

$$Tu = 63.71$$

$$\begin{aligned}R \text{ sisa} &= \theta Rn \left(1 - \frac{Tu}{1,13 \times Tb}\right) \\ &= 19379,50 \left(1 - \frac{63.719}{1,13 \times 49000}\right) \\ &= 19357.198 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$Vu = \frac{Pu}{n} = \frac{1178302,7}{64} = 19316,4377 \text{ kg}$$

$$Vs > Vu$$

$$19357.198 \text{ kg} > 19316,4377 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

#### 4.3.9 Sambungan Box Busur dan Penggantung Hanger

Pada sambungan ini merupakan hubungan antara kabel hanger dengan konstruksi box busur utama. Komponen ini merupakan struktur tarik pada antara sambungan pen dan base plate. Sambungan ini harus direncanakan sesuai RSNI T-03-2005 ps.5.1

$$T = 148492,25 \text{ kg}$$

- Perencanaan:
  - Pelat BJ 50  $F_y = 290 \text{ Mpa}$   
 $F_u = 500 \text{ Mpa}$
  - Baut A325  $F_u^b = 620 \text{ Mpa}$
  - D baut rencana = 36 cm
  - $T_b$  baut = 490 kN
- Kekuatan ijin 1 baut
  1. Kekuatan geser

$$\begin{aligned}
 \emptyset Rn &= 1,13 \times \mu \times m \times Tb \\
 &= 1,13 \times 0,35 \times 1 \times 49000 \\
 &= 19379,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Jumlah baut

yang menentukan akibat tumpu

$$n = \frac{R_u}{\emptyset Rn} = \frac{148492,25 \text{ kg}}{19379,5 \text{ kg}} = 7,514 \rightarrow 8 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi(S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 36 \text{ mm} = 54 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 22 \text{ mm} + 100) = 188 \text{ mm} \rightarrow 60 \text{ mm}$$

Jarak antar baut(S) = 3 db s/d 15tp atau 200mm

$$3 \text{ db} = 2,5 \cdot 36 \text{ mm} = 108 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 25 \text{ mm} = 330 \text{ mm} \rightarrow 100 \text{ mm}$$

- Kontrol Pelat

Kontrol Leleh

$$A_g = 110 \text{ cm}$$

$$Anv = (Ln v - n \cdot dl) \times t$$

$$= (110 - 8 \times 3,6) \times 2,2 = 43,21 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset Tn = \emptyset \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 110 = 287100 \text{ Kg}$$

$$\emptyset Tn = 287100 \text{ Kg} > Vu = 148492,25 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

Kontrol Putus

$$\emptyset Tn = \emptyset \cdot f_u \cdot Ae$$

$$= 0,75 \cdot 5000 \cdot 43,12 = 161700 \text{ Kg}$$

$$\emptyset Tn = 161700 \text{ Kg} \geq Vu = 148492,25 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### Sambungan Base Plate ke Box Busur

Sambungan ini menggunakan baut tipe tumpu yang menerima beban tarik.

Maka kekuatan tumpu nominal baut dan plat harus memenuhi:

$$\frac{T_u}{n} \leq \phi_f \cdot f_t \cdot m \cdot A_b$$

$n = 4 \rightarrow$  jumlah baut

$f_1 = 807 \text{ MPa} \rightarrow$  baut mutu tinggi

$$\frac{1484,9}{4} \leq 0.75 \times 870 \times 1 \times (0.25 \pi 30^2)$$

$371,23 \leq 460.7 \rightarrow \text{Ok}$

Maka baut dengan diameter 30 mm sebanyak 4 buah dapat digunakan

- Perhitungan Pengangkuran

$$V = 756545 \text{ kg}$$

Mutu baut A490

$$f_y = 825 \text{ MPa}$$

$$f_u = 1035 \text{ MPa}$$

$$d_b = 64 \text{ mm}$$

Mutu pelat BJ-55

$$f_y = 410 \text{ MPa}$$

$$f_u = 550 \text{ MPa}$$

$$t_p = 50 \text{ mm}$$

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} \phi V_d &= 0,75 \cdot m \cdot r_l \cdot f_{ub} \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 10350 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 6,4^2 \\ &= 12485,95 \text{ kg} \quad (\text{menentukan}) \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu baut

$$\begin{aligned} \phi R_d &= 0,75 \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_{up} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 6,4 \times 5 \times 5500 \\ &= 316800 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_d = 12485.94 \text{ kg} \text{ (diambil yang terkecil)}$$

- Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{V_u}{V_d} = \frac{756545}{12485.945} = 60 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi (S1) =  $1,5 d_b \leq d$  ( $4 t_p + 100$ ) atau 200 mm

$$1,5 d_b = 1,5 \cdot 64 \text{ mm} = 96 \text{ mm}$$

$$4 t_p + 100 = (4 \cdot 50 \text{ mm} + 100) = 300 \text{ mm}$$

S1 digunakan = 10 cm

Jarak antar baut( $S$ ) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm  
 2,5 db =  $2,5 \cdot 64 \text{ mm} = 192 \text{ mm}$   
 15tp =  $15 \cdot 50 \text{ mm} = 750 \text{ mm}$   
 $S$  digunakan = 20 cm

#### 4.5 Perencanaan Perletakan

Pada perencanaan jembatan ini akan digunakan landasan jembatan yang berfungsi meneruskan beban dari bangunan atas ke bangunan bawah jembatan. Landasan yang digunakan pada jembatan ini merupakan pelat baja sirkular (pot bearing). Dengan penggunaan landasan pot bearing tersebut akan mampu mengakomodasi perpindahan arah akibat beban yang ada.




Desain dari pot bearing merupakan elemen pabrikasi dari *TETRON CD - FREYSSINET*

##### 4.5.1 Lay out Penempatan Perletakan Jembatan

Perencanaan jembatan Brantas ini merupakan kategori jembatan bentang panjang dimana besarnya pergerakan cukup mempengaruhi stabilitas jembatan. Oleh karena itu hal ini dapat diminimalkan dengan pengaturan penempatan posisi landasan.



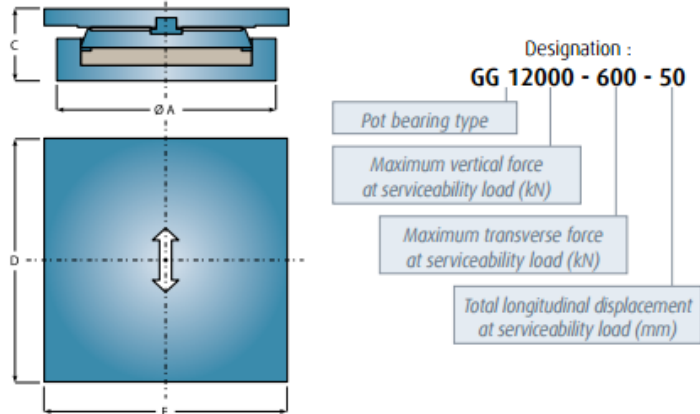
Gambar 4.50 Denah Penempatan Posisi Pot Bearing Modifikasi  
 Dimana :

-  : pot bearing tipe unidirectional
-  : pot bearing tipe fixed  
 (memungkinkan tidak adanya gerakan)
-  : pot bearing tipe multidirectional  
 (memungkinkan 2 gerakan arah lateral )

#### 4.5.2 Kontrol Desain Perletakan Pot Bearing

##### a. Unidirectional pot bearing

Jenis perletakan ini hanya memungkinkan 1 gerakan arah lateral, dimana desain pergerakan maximum yang diijinkan adalah tertera di dalam tabel Pot Bearing.



Gambar 4.51 Type Perletakan Unidirectional

Dari hasil analisa SAP 2000 diperoleh reaksi dan pergerakan pada perletakan (join 550) untuk pot bearing arah x adalah akibat (Combo: Kuat 1).

- Translasi X = 254.56mm
- H = 302.118kN
- V = 7565.45kN

Dari hasil analisa SAP 2000 didapatkan reaksi dan pergerakan pada perletakan (join 433) untuk pot bearing arah y adalah akibat (Combo: Kuat 1).

- Translasi Y = 8.64 mm
- H = 1016.683kN
- V = 7451.266kN

Dari hasil reaksi vertikal pada perletakan pot bearing, maka akan direncanakan unidirectional pot bearing tipe GG24000-1200-50. Dimensi dan spesifikasi dapat dilihat pada table di

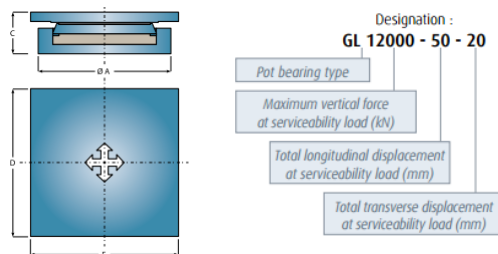
Tabel 4.12 Dimensi Unidirectional Pot Bearing  
**Unidirectional pot bearing: TETRON CD®/ GG**

Designation	Ø A (mm)	D (mm)	E (mm)	C (mm)	Weight (kg)
GG 500 - 50 - 50	205	270	235	100	30
GG 1000 - 100 - 50	270	325	290	104	45
GG 1500 - 150 - 50	325	365	330	104	60
GG 2000 - 200 - 50	355	390	380	109	80
GG 2500 - 250 - 50	400	425	415	113	100
GG 3000 - 300 - 50	430	445	440	118	120
GG 3500 - 350 - 50	460	475	470	123	145
GG 4000 - 400 - 50	490	505	505	123	160
GG 4500 - 450 - 50	520	535	535	137	200
GG 5000 - 500 - 50	550	565	565	142	230
GG 6000 - 500 - 50	590	615	615	162	295
GG 7000 - 500 - 50	620	660	660	162	350
GG 8000 - 500 - 50	660	705	705	167	415
GG 9000 - 500 - 50	690	745	745	181	500
GG 10000 - 500 - 50	730	785	785	185	560
GG 12000 - 600 - 50	820	860	860	184	675
GG 14000 - 700 - 50	870	930	930	213	930
GG 16000 - 800 - 50	935	995	995	242	1245
GG 18000 - 900 - 50	1000	1055	1055	246	1400
GG 20000 - 1000 - 50	1050	1110	1110	265	1710
GG 24000 - 1200 - 50	1160	1215	1215	284	2200
GG 28000 - 1400 - 50	1255	1315	1315	327	2970
GG 30000 - 1500 - 50	1300	1360	1360	336	3300
GG 35000 - 1750 - 50	1410	1470	1470	365	4240
GG 40000 - 2000 - 50	1510	1570	1570	363	4780
GG 45000 - 2250 - 50	1605	1665	1665	382	5690
GG 50000 - 2500 - 50	1695	1755	1755	410	6800

*Values given for information only*

### b. Multidirectional pot bearing

Jenis perletakan ini hanya memungkinkan 2 gerakan



Gambar 4.52 Type Perletakan Multidirectional

Dari hasil analisa SAP 2000 didapatkan reaksi dan pergerakan pada perletakan (join 422) untuk pot bearing arah x dan arah y adalah akibat (Combo: Kuat 1).

- Translasi X = 245mm
- Translasi Y = 7,8mm
- V = 7368.666kN

Dari hasil reaksi vertikal pada perletakan pot bearing, maka akan direncanakan multidirectional pot bearing tipe GL8000-50-20. Dimensi dan spesifikasi dapat dilihat seperti pada table dibawah.

Tabel 4.13 Dimensi Multiidirectional Pot Bearing  
**Multidirectional pot bearing: TETRON CD®/ GL**

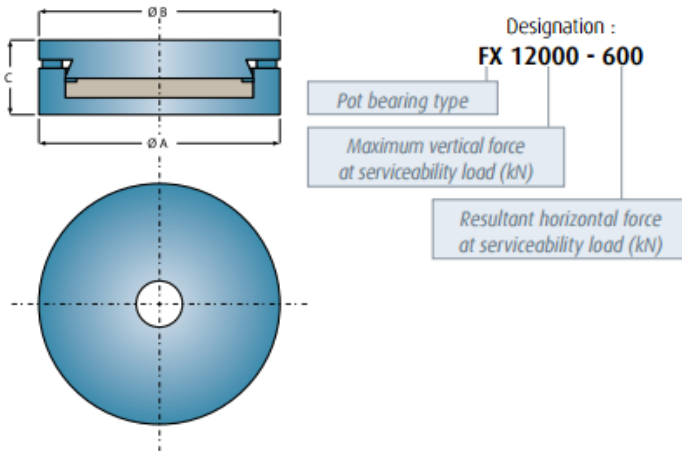
Designation	Ø A (mm)	D (mm)	E (mm)	C (mm)	Weight (kg)
GL 500 • 50 • 20	170	245	225	90	25
GL 1000 • 50 • 20	225	290	175	90	35
GL 1500 • 50 • 20	270	330	315	94	45
GL 2000 • 50 • 20	310	370	355	99	60
GL 2500 • 50 • 20	345	410	395	99	75
GL 3000 • 50 • 20	375	435	430	108	95
GL 3500 • 50 • 20	405	460	465	108	110
GL 4000 • 50 • 20	435	500	495	108	125
GL 4500 • 50 • 20	465	525	530	118	155
GL 5000 • 50 • 20	495	555	550	112	175
GL 6000 • 50 • 20	545	610	605	122	215
GL 7000 • 50 • 20	590	655	655	142	290
GL 8000 • 50 • 20	635	695	695	157	275
GL 9000 • 50 • 20	680	745	740	156	425
GL 10000 • 50 • 20	720	785	785	170	520
GL 12000 • 50 • 20	795	855	860	169	595
GL 14000 • 50 • 20	860	920	920	208	925
GL 16000 • 50 • 20	925	985	985	232	1185
GL 18000 • 50 • 20	985	1045	1045	244	1405
GL 20000 • 50 • 20	1040	1100	1100	250	1610
GL 24000 • 50 • 20	1145	1205	1205	274	2135
GL 28000 • 50 • 20	1240	1300	1300	293	2685
GL 30000 • 50 • 20	1285	1345	1345	317	3095
GL 35000 • 50 • 20	1395	1455	1455	327	3765
GL 40000 • 50 • 20	1495	1555	1555	356	4715
GL 45000 • 50 • 20	1590	1650	1650	365	5455
GL 50000 • 50 • 20	1680	1740	1740	389	6490

*Values given for information only*



c. **Fixed pot bearing**

Jenis perletakan ini hanya tidak memungkinkan adanya gerakan arah lateral.



Gambar 4.53 Type Perletakan Fixed

Dari hasil analisa SAP 2000 didapatkan reaksi dan pergerakan pada perletakan (joint 532) untuk pot bearing arah x dan arah y adalah akibat (Combo: Kuat 1).

- Translasi X = 0 mm
- Translasi Y = 0 mm
- H = 1008.317kN
- V = 7344.502kN

Akan direncanakan fixed pot bearing tipe FX28000-1400. Dimensi dan spesifikasi dapat dilihat seperti pada table dibawah:

Tabel 4.14 Dimensi Fixed Pot Bearing

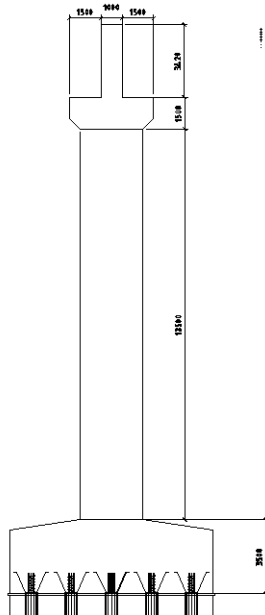
**Fixed pot bearing: TETRON CD®/ FX**

Designation	Ø A (mm)	Ø B (mm)	C (mm)	Weight (kg)
FX 500 - 50	180	200	69	15
FX 1000 - 100	255	265	69	25
FX 1500 - 150	295	320	78	40
FX 2000 - 200	345	365	88	60
FX 2500 - 250	385	415	93	75
FX 3000 - 300	420	450	97	95
FX 3500 - 350	460	490	97	110
FX 4000 - 400	480	520	107	135
FX 4500 - 450	510	560	117	170
FX 5000 - 500	570	600	106	205
FX 6000 - 500	580	640	136	255
FX 7000 - 500	620	670	145	305
FX 8000 - 500	660	710	145	340
FX 9000 - 500	690	750	164	430
FX 10000 - 500	730	795	163	470
FX 12000 - 600	835	865	162	565
FX 14000 - 700	905	935	170	685
FX 16000 - 800	945	997	190	865
FX 18000 - 900	1000	1055	209	1085
FX 20000 - 1000	1095	1125	197	1135
FX 24000 - 1200	1190	1220	216	1475
FX 28000 - 1400	1260	1320	285	2400
FX 30000 - 1500	1305	1375	294	2670
FX 35000 - 1750	1415	1475	312	3280
FX 40000 - 2000	1515	1585	321	3865
FX 45000 - 2250	1610	1680	330	4415
FX 50000 - 2500	1700	1770	368	5620

*Values given for information only*

## 4.6 Perhitungan Bangunan Bawah

Desain struktur bawah pada perencanaan Jembatan Busur Kali Legi ini direncanakan menggunakan pilar dengan kolom tunggal. Perencanaan desain pilar menggunakan metode cast in-situ untuk kolom dan kepala pilar (pier head).



Gambar 4.54 Rencana Dimensi Pilar

### 4.6.1 Pembebanan Struktur Bawah

#### A. Beban Mati

Beban mati pada perencanaan ini meliputi berat sendiri dari masing-masing elemen struktur dan berat mati tambahan yang berupa berat pelat lantai kendaraan dan aspal. Besarnya beban-beban mati tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{Beton} = 2277 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Aspal} = 2200 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Pier Head} &= A \times \text{berat jenis beton} \\ &= 9,42 \times 22,77 = 214,493 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kolom} &= A \times \text{berat jenis beton} \\
 &= 9 \times 22,77 = 204,3 \text{ kN/m} \\
 \text{Pile Cap} &= A \times \text{berat jenis beton} \\
 &= 40,6 \times 22,77 = 924,462 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

#### B. Beban Lajur D

Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas  $q$  kPa, dengan besarnya  $q$  tergantung pada panjang total yang dibebani  $L$ . Panjang yang dibebankan  $L$  adalah panjang total BTR yang bekerja pada jembatan. Beban garis (BGT) dengan intensitas  $p$  KN/m harus ditempatkan tegak lurus arah lalu-lintas pada jembatan.

Diketahui:

$L = 5 \text{ m}$  (jarak antar kabel), sehingga:

$$L \leq 30 \text{ m} : q = 9.0 \text{ kPa}$$

$$\gamma_{\text{UTD}} = 2 \text{ (Keadaan batas ultimit pada boks girder baja)}$$

$$p = 49.0 \text{ kN/m.}$$

$$Q_{\text{BTR}} = q \times \gamma_{\text{UTD}}$$

$$= 9.0 \text{ kN/m}^2 \times 2$$

$$= 18.0 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{\text{BGT}} = p \times \gamma_{\text{UTD}}$$

$$= 49 \text{ kN/m} \times 2$$

$$= 98.0 \text{ kN/m}$$

#### C. Beban Truck T

Selain beban “D”, terdapat beban lalu lintas yaitu beban truk “T”. Beban truk “T” tidak dapat digunakan bersamaan dengan digunakan untuk perhitungan struktur lantai.

Diketahui:

$$P = 112,5 \text{ kN}$$

$$\gamma_{\text{UTT}} = 2 \text{ (Keadaan batas ultimit pada boks girder baja)}$$

$$\text{FBD} = 30\%$$

$$Q_{\text{TT}} = 112,5 \text{ kN} \times (1 + \text{FBD}) \times \gamma_{\text{UTT}}$$

$$= 112,5 \text{ kN} \times (1 + 0,3) \times 2$$

$$= 292,5 \text{ kN}$$

#### D. Beban Angin

Tekanan angin menurut SNI 1725:2016 Pasal 9.6.1 yang ditentukan untuk angin horizontal diasumsikan disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar ( $V_B$ ) sebesar 90 hingga 126 km/jam. Untuk jembatan atau bagian jembatan dengan elevasi lebih tinggi dari 10000 mm di atas permukaan tanah atau permukaan air, kecepatan angin rencana  $V_{DZ}$  harus dihitung dengan persamaan berikut:

$$V_{DZ} = 2,5V_0 \left( \frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left( \frac{Z}{Z_0} \right)$$

Diketahui:

$V_0$  = 17,6 km/jam (lokasi sub urban)

$Z_0$  = 1000 mm (lokasi sub urban)

$V_{10}$  = 90

$V_B$  = 90

$Z$  = 20 m

Sehingga:

$$V_{DZ} = 2,5V_0 \left( \frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left( \frac{Z}{Z_0} \right) = 2,5 \times 17,6 \times \left( \frac{90}{90} \right) \ln \left( \frac{20000}{1000} \right) \\ = 131,812 \text{ km/jam}$$

Beban Angin pada Struktur Atas

$P_B$  = 0,0024 (SNI 1725-2016, Tabel 29)

$$P_D = P_B (V_{DZ} / V_B)^2 \\ = 0,0024 \times (131,812 / 90)^2 \\ = 0,005 \text{ MPa}$$

Beban Angin pada Kolom

$P_B$  = 0,0019 (SNI 1725-2016, Tabel 29)

$$P_D = P_B (V_{DZ} / V_B)^2 \\ = 0,0019 \times (131,812 / 90)^2 \\ = 0,004 \text{ MPa}$$

Beban angin yang mempengaruhi struktur bawah dapat dihitung sebagai berikut :

$$T_{EW} = P_D \cdot \text{lebar kolom}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.004 \times 3000 \text{ mm} \\
 &= 12 \text{ N/mm} \\
 &= 12 \text{ kN/m} > 4,4 \text{ kN/m (syarat)}
 \end{aligned}$$

maka nilai yang digunakan TEW = 12 kN/m

#### E. Beban Temperatur

Temperatur yang digunakan adalah sebesar  $25^{\circ}\text{C}$ , dengan asumsi pada saat pemasangan tidak memperhatikan beban temperatur.

#### F. Beban Gempa

Gaya gempa disebabkan oleh pergerakan seismic yang bekerja pada dua arah X maupun arah Y dari suatu struktur. Nilai dari gaya gempa sangatlah tergantung dari lokasi struktur yang ditinjau. Di mana menurut RSNI2 2833-201X, peta zona gempa dapat juga dilihat melalui “Penentuan Spektrum Respons Desain di Permukaan Tanah Untuk Jembatan ” atau dari situs: <http://petagempa.pusjatan.pu.go.id/>.

Besaran gaya gempa yang terjadi pada struktur sangat ditentukan pula oleh faktor modifikasi respon, R, sesuai dengan tipe struktur bangunan bawah sebagaimana Tabel 6 dari RSNI2 2833-201X. Pada tugas akhir ini, jembatan dikategorikan sebagai jembatan sangat penting sehingga digunakan nilai factor modifikasi respons sebagai berikut:

**Tabel 6 - Faktor modifikasi respons (R) untuk bangunan bawah**

Bangunan bawah	Kategori kepentingan		
	Sangat penting	Penting	Lainnya
Pilar tipe dinding	1,5	1,5	2,0
Tiang/kolom beton bertulang			
Tiang vertikal	1,5	2,0	3,0
Tiang miring	1,5	1,5	2,0
Kolom tunggal	1,5	2,0	3,0
Tiang baja dan komposit			
Tiang vertikal	1,5	3,5	5,0
Tiang miring	1,5	2,0	3,0
Kolom majemuk	1,5	3,5	5,0

Catatan:

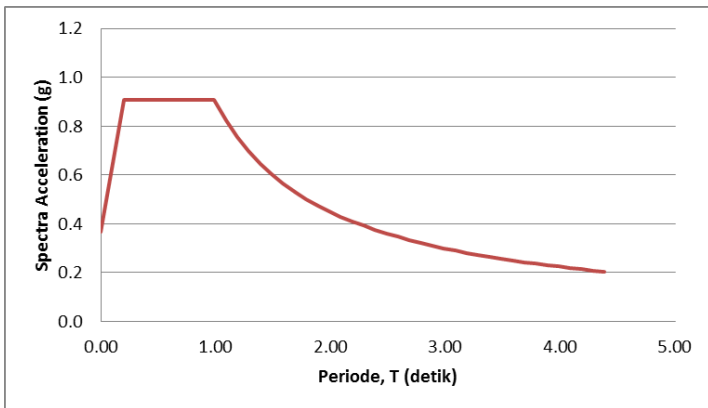
Pilar tipe dinding dapat direncanakan sebagai kolom tunggal dalam arah sumbu lemah pilar

Adapun gaya gempa elastis yang bekerja pada struktur jembatan harus dikombinasi sehingga memiliki 2 tinjauan pembebanan sebagai berikut:

- Gempa arah X maksimum, di mana 100% gaya gempa pada arah x,  $E_{Qx}$  dikombinasikan dengan 30% gaya gempa pada arah y,  $E_{Qy}$ .
- Gempa arah Y maksimum, di mana 100% gaya gempa pada arah y,  $E_{Qy}$  dikombinasikan dengan 30% gaya gempa pada arah x,  $E_{Qx}$ .

Berdasarkan peta gempa pada RSNi2 2833-201X maupun Aplikasi Desain Spektra dari PUSJATAN didapatkan parameter untuk respon spektra di lokasi adalah:

- Lokasi = Blitar
  - Site class = SE (Tanah Lunak)
  - 0.2 second acceleration = 0.197 g
- response spectra
- 1 second acceleration = 0.987 g
- response spectra
- PGA = 0.334
  - SDS = 0.909 g
  - SD1 = 0.897 g



Gambar 4.55 Gambar Grafik Respon Spektrum 7% dalam 75 Tahun

#### 4.6.2 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan pada pilar berdasarkan RSNI T-02-2005.

Dimana :Berat sendiri (MS)

Beban mati tambahan (MA)

Beban lajur “D”(TD)

Gaya rem (TB)

Temperatur (ET)

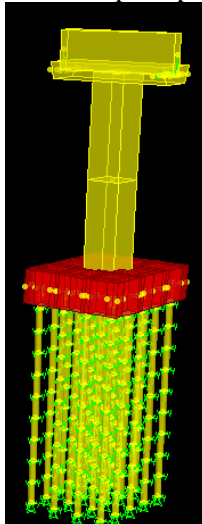
Baban angin (EW)

Beban Gempa (EQ)

- Kombinasi:
- 1).  $1MS+1MA+1TD+1TB$
  - 2).  $1MS+1MA+1TD+1TB+1ET$
  - 3).  $1MS+1MA+1TD+1TB+1EW$
  - 4).  $1MS+1MA+1TD+1TB+1ET+1EW$
  - 5).  $1MS+1MA+1QX+0,3QY$
  - 6).  $1MS+1MA+0,3QX+1QY$

#### 4.6.3 Pemodelan Struktur

Berdasarkan pembebanan yang sudah di ketahui maka dapat di modelkan struktur pilar pada SAP 2000.



Gambar 4.56 Pemodelan Struktur Pilar



Untuk melaksanakan sebuah pemodelan lengkap dari struktur bawah, maka konstanta pegas lateral harus diaplikasikan pada elemen tiang pondasi. Dengan kata lain, konstanta pegas lateral dari lapisan tanah atau modulus tanah dasar diperlukan untuk memodelkan daya dukung dinamis lateral dari tanah terhadap permukaan tiang pancang. Kekakuan dari konstanta pegas lapisan tanah sangat diperlukan untuk mengevaluasi struktur khususnya pada zona gempa.

Sebagaimana diketahui, pada tugas akhir ini didapat tanah dari pengujian SPT. Di mana dari nilai “N” – SPT tersebut dapat digunakan untuk menghitung modulus tarik – tekan dari tanah,  $E_s$ , yang kemudian dapat ditransformasikan menjadi modulu lateral dari reaksi tanah dasar.

Menurut Glick (1948), penurunan dari modulus tekan – tarik dari tanah,  $E_s$ , menjadi modulus lateral dari reaksi tanah dasar, adalah sebagai berikut:

$$k_s' = \frac{22.4 E_s (1-\mu)}{(1+\mu)(3-4\mu)[2 \ln(2 L_p/B) - 0.433]} \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$k_s = \frac{k_s'}{B} \text{ (N/m)}$$

$E_s$  = modulus tarik - tekan (kPa, N/m<sup>2</sup>) (hasil penyelidikan tanah dari nilai N – SPT menurut Bowles) pada tabel 4.13

Tabel 4.15 Penyelidikan Tanag dari N-SPT menurut Bowles

Tipe Tanah	$E_s$ (kPa)
Pasir (Konsolidasi Normal)	500 (N + 15)
Pasir (Jenuh)	250 (N + 15)
Pasir berbatu	1200 (N + 6)
Pasir kelepungan	320 (N + 15)
Lanau, Lanau kepasiran, Lanau kelepungan	300 (N + 6)

$\mu$  = poisson's ratio (berdasarkan table bowles (1977) pada tabel 4.14

Tabel 4.16 Poisson Ratio berdasar table bowles

Tipe Tanah	$\mu$
Pasir Halus	0.25
Pasir Kasar	0.35
Pasir Padat	0.2 – 0.4
Lanau	0.3– 0.35
Lempung Kelanauan	0.2 – 0.3
Lempung Tidak Jenuh	0.1 – 0.3
Lempung Jenuh	0.4 – 0.5
Batu Padat	0.1 – 0.4
Batu Lepas	0.1 – 0.3

$L_p$  = panjang segmen tiang pancang per konstanta pegas, m

$B$  = lebar pancang, m

Maka,

$$\begin{aligned}
 E_s &= 300 \times (N + 6) \\
 &= 300 \times (41 + 6) \\
 &= 14100 \text{ Kpa} \\
 &= 14100000 \text{ N/m}^2
 \end{aligned}$$

Menentukan koefisien spring horizontal

$$\begin{aligned}
 k_s' &= \frac{22.4 E_s (1-\mu)}{(1+\mu)(3-4\mu)[2 \ln(2 L_p/B) - 0.433]} \text{ (N/m}^2\text{)} \\
 &= \frac{22.4 \times 14100000 (1-0.3)}{(1+0.3)(3-4 \times 0.3)[2 \ln(2 \times 2/1.2) - 0.433]} \\
 &= 33914667 \text{ N/m}^2
 \end{aligned}$$

Menentukan koefisien spring horizontal yg di input pada program SAP

$$\begin{aligned}
 k_s &= k_s' \times L_p \times B \\
 &= 33914667 \text{ N/m}^2 \times 2 \text{ m} \times 0.8 \text{ m} \\
 &= 54263467 \text{ N/m} \\
 &= 54263 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan rumus diatas maka dihitung spring pada tiang pancang sesuai N-SPT yang sudah diketahui pada tabel 4.15

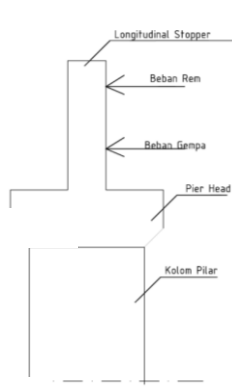
Tabel 4.17 Rekapitulasi Spring Tiang Pancang

Original Elevation (m)	Boring Depth (m)	Pile Length (m)	Pile Width (m)	SPT Value	Type of Soil	$\mu$	Es		ks' (N/m <sup>2</sup> )	ks input SAP (x & y)	
							Kpa	N/m <sup>2</sup>		N/m	kN/m
0	0	0	0.6	0							
-2	2	2	0.6	6	Lanau berlempung	0.3	3,600	3,600,000	7,176,839	8,612,206.38	8,612
-4	4	2	0.6	2	Lanau berlempung	0.3	2,400	2,400,000	4,784,559	5,741,470.92	5,741
-6	6	2	0.6	10	Lanau berlempung	0.3	4,800	4,800,000	9,569,118	11,482,941.84	11,483
-8	8	2	0.6	8	Lanau berlempung	0.3	4,200	4,200,000	8,372,978	10,047,574.11	10,048
-10	10	2	0.6	8	Lanau berlempung	0.3	4,200	4,200,000	8,372,978	10,047,574.11	10,048
-12	12	2	0.6	12	Lanau berlempung	0.3	5,400	5,400,000	10,765,258	12,918,309.57	12,918
-14	14	2	0.6	12	Lanau berlempung	0.3	5,400	5,400,000	10,765,258	12,918,309.57	12,918
-16	16	2	0.6	21	Lanau berlempung	0.3	8,100	8,100,000	16,147,887	19,377,464.35	19,377
-18	18	2	0.6	41	Lanau Berpasir	0.3	14,100	14,100,000	28,109,285	33,731,141.65	33,731
-20	20	2	0.6	41	Lanau Berpasir	0.3	14,100	14,100,000	28,109,285	33,731,141.65	33,731
-22	22	2	0.6	42	au berlempung berb	0.3	14,400	14,400,000	28,707,355	34,448,825.51	34,449
-24	24	2	0.6	44	au berlempung berb	0.3	15,000	15,000,000	29,903,494	35,884,193.24	35,884
-26	26	2	0.6	60	au berlempung berb	0.3	19,800	19,800,000	39,472,613	47,367,135.08	47,367

Maka dalam pemodelan struktur nantinya, elemen tiang pancang akan diberikan perletakan pegas setiap interval 2 (dua) meter hingga kedalaman rencana tiang berdasarkan titik penentuan daya dukung.

#### 4.6.4 Perhitungan Longitudinal Stopper

Perhitungan analisis Longitudinal Stopper berdasarkan pembebanan dalam keadaan batas ( ultimit ). Berikut di bawah ini analisis perencanaan long stopper : Analisis pembebanan longitudinal stopper ditunjukkan pada Gambar 4.18 dengan beban yang bekerja yaitu berat sendiri, beban rem, dan beban gempa. Perhitungan beban, gaya dan momen akan ditunjukkan pada tabel .dimana beban – beban tersebut dikalikan dengan faktor ultimit.



Gambar 4.57 Pembebanan pada longitudinal stopper

- Berat sendiri ( Long Stopper )

$$\begin{aligned} q_s &= h \times b \times W_c \\ &= 3,42 \times 1 \times 22,77 \\ &= 77,8734 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- Beban rem

$$\begin{aligned} T_B &= 250 \text{ kN} \\ q_{TB} &= \frac{T_B}{n \times S} = \frac{250}{9 \times 1,8} = 15,43 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- Beban gempa

Berdasarkan perhitungan gempa pada bab sebelumnya didapat ,

$$C_{sm} = SDS = 0.7716$$

Akibat bangunan atas

$$\begin{aligned} EQ_{\text{bangunan atas}} &= 2030,912 \text{ kN} \\ q &= \frac{EQ}{n \times S} = \frac{2030,912}{6 \times 1,25} = 270,79 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Akibat long stopper

$$Eq = \frac{0.7716}{1.5} \times 77,87 \text{ kN} = 40,056 \text{ kN}$$

$$q = \frac{EQ}{n \times S} = \frac{40,056}{6 \times 1,25} = 5,341 \text{ kN/m}$$

### Perhitungan Gaya dan Momen Long Stopper

– Kombinasi 1 ( 1,3 D + 2 T<sub>B</sub> )

Tabel 4.18 Kombinasi 1 long stopper pilar

No	Aksi / Beban	Faktor Beban	Vu kN	l m	Mu kN.m
1	Berat sendiri	1.30	77,87	0	0
2	Beban rem	2.00	15,43	3.42	105,541
	Total		93,3		105,541

$$Vu = 93,3 \text{ kN}$$

$$Mu = 105,541 \text{ kN.m}$$

– Kombinasi 2 ( 1,3 D + Eq )

Tabel 4.19 Kombinasi 2 long stopper pilar

No	Aksi / Beban	Faktor Beban	Vu kN	l m	Mu kN.m
1	Berat sendiri	1.30	77,87	0	0
2	Beban gempa	1.00	276,131	3.42	944,36
	Total		354		944,36

$$Vu = 354 \text{ kN}$$

$$Mu = 944,36 \text{ kN.m}$$

Sehingga digunakan beban kombinasi 2 ( 1,3 D + Eq ) diperoleh momen sebesar 944,36 kN.m/m'

## Perhitungan Penulangan Long Stopper

### – Penulangan Lentur

$$\begin{array}{llll}
 f_c' & = & 25 & \text{MPa} & d' & = & 30 & \text{mm} \\
 F_y & = & 400 & \text{MPa} & d & = & 270 & \text{mm} \\
 H & = & 1000 & \text{mm} & \emptyset_{\text{utama}} & = & 25 & \text{mm} \\
 B & = & 1000 & \text{mm} & \emptyset_{\text{bagi}} & = & 13 & \text{mm}
 \end{array}$$

$$M_u = 944,36 \quad \text{kN.m/m'}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{944,36}{0.8} = 1180,45 \quad \text{kN.m}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0.85 \times 0.85 \times 25}{400} \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0.0271
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0.75 \times \rho_b \\
 &= 0.75 \times 0.0270938 \\
 &= 0.0203
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'} = \frac{400}{0.85 \times 25} = 18.824$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{1180.45}{1000} \times \frac{10^6}{1000} \\
 &= 0,13
 \end{aligned}$$

Rasio tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{18.824} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18.824 \times 0,13}{400}} \right) \\ &= 0.0006\end{aligned}$$

$$\begin{array}{ccccc}\text{Cek} & \rho_{\min} & < & \rho & < & \rho_{\max} \\ & 0.0035 & < & 0.0006 & > & \mathbf{0.0203}\end{array}$$

Maka dipakai  $\rho = 0,0035$

Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0035 \times 1000 \times 957.5 \\ &= 3251,25 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Direncanakan tulangan lentur  $D \ 25$

$$\begin{aligned}A_s &= 0.25 \times \pi \times D^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 625 \\ &= 490.625 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Menentukan jarak tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned}S &= \frac{A_s \text{ pasang} \times b}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{490.625 \times 1000}{3251,25} \\ &= 150,034 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan utama D25 – 150

**Tulangan Pembagi**

$$\begin{aligned} A_s' &= 20\% \times A_s \\ &= 20\% \times 3251,25 \\ &= 654,01 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan lentur D 13

$$\begin{aligned} A_s &= 0.25 \times \pi \times D^2 \\ &= 0.25 \times 3,14 \times 169 \\ &= 132,665 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menentukan jarak yang diperlukan

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_s \text{ pasang} \times b}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{132,665 \times 1000}{654,01} \\ &= 492,978 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan bagi D13 – 200

– **Penulangan Geser**

$$\begin{array}{llll} V_u &= & 354000 & \text{N} & b &= & 1000 & \text{mm} \\ f_c' &= & 25 & \text{Mpa} & d' &= & 30 & \text{mm} \\ F_y &= & 400 & \text{Mpa} & d &= & 270 & \text{mm} \\ H &= & 300 & \text{Mm} & \phi_v &= & 0.75 & \end{array}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 1000 \times 957,5 \\ &= 79791,67 \text{ N} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 V_{s \min} &= \frac{b_w \times d}{3} \\
 &= \frac{1000 \times 957,5}{3} \\
 &= 319166,67 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol kondisi geser

1.  $V_u < 0.5 \times \phi \times V_c$   
 $354000 > 84375$  **NOT OK**
2.  $0.5 \times \phi \times V_c < V_u < \phi \times V_c$   
 $84375 < 354000 > 168750$  **NOT OK**
3.  $\phi \times V_c < V_u < \phi (V_c + V_{smin})$   
 $168750 < 354000 > 315000$  **Not OK**
4.  $\phi (V_c + V_{smin}) < V_u < \phi (V_c + 1/3 \sqrt{f_c'} b_w d)$   
 $315000 < 354000 < 506250$  **OK**
5.  $\phi (V_c + 1/3 \sqrt{f_c'} b_w d) < V_u < \phi (V_c + 1/3 \sqrt{f_c'} b_w d)$   
 $506250 > 354000 < 843750$  **NOT OK**

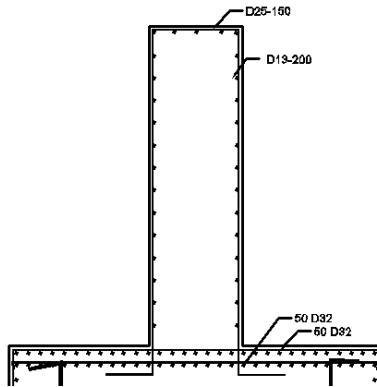
Dari perhitungan diatas didapat Kondisi 4 memenuhi syarat maka tulangan geser minimum.

Direncanakan tulangan geser 3 kaki dengan diameter Ø13 mm

$$\begin{aligned}
 A_v &= 3 \times A_s \\
 &= 3 \times 0.25 \times \pi \times \emptyset^2 \\
 &= 3 \times 0.25 \times 3.14 \times 169 \\
 &= 397.995 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} \\
 &= \frac{397.995 \times 400 \times 957,5}{319166,67} \\
 &= 477.594 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan geser : Ø13 – 400 ( 3 Kaki )



Gambar 4.58 Tulangan Longitudinal Stoper

#### 4.6.5 Perhitungan Kolom Pilar

Dalam perhitungan pada pilar ini di dapat gaya-gaya dalam yang terjadi dari SAP 2000, yaitu:

Kombinasi	Pu	Vu 2	Vu 3	Mu 2	Mu 3
	kN	kN	kN	kNm	kNm
Env 1	35817.819	3200.9	20.59	459.1102	52870.4174
Env 2	26155.222	836.801	446.352	9278.5854	8274.6001
Env 3	26155.222	836.801	446.352	9278.5854	8274.6001

Env 4	31156.296	836.801	446.352	13664.4404	16497.005
Env 5	35817.819	3200.9	-20.59	459.1102	52870.4174

### Data Perencanaan

- Dimensi kolom =  $3000 \times 3000$  mm
- Panjang kolom = 18,5m
- Mutu beton ( $f'_c$ ) = 40 MPa
- Diameter Tul. Utama ( $\emptyset$ ) = 32mm
- Mutu Baja ( $f_y$ ) = 400 MPa
- Elastisitas( $E_s$ ) = 200000 MPa
- Selimut beton = 50mm

Struktur komponen yang mengalami tekan dapat diabaikan bila memenuhi persyaratan:

Syarat:  $P_u < P$  ijin

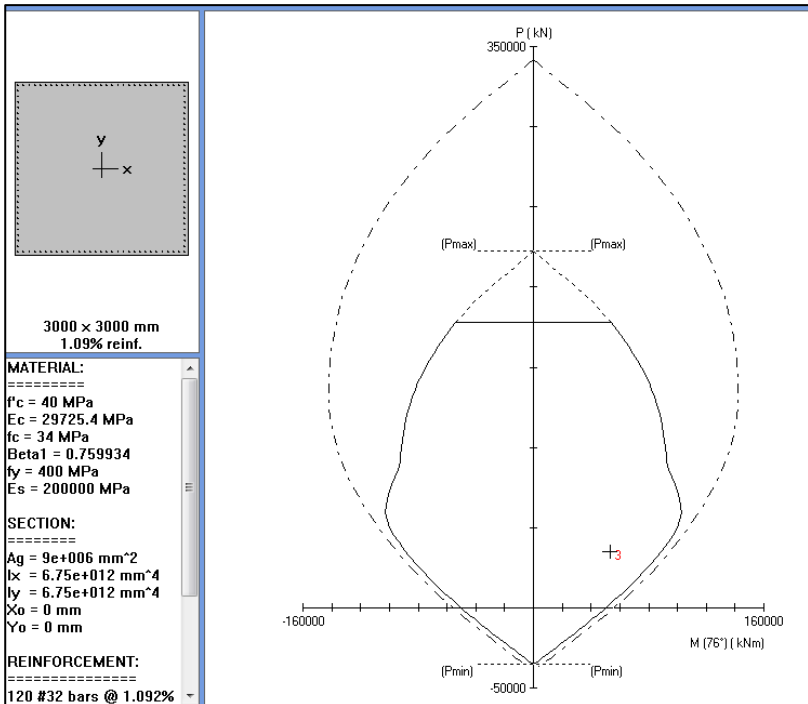
$$35236293 \text{ N} < 0,10 f'_c A_g$$

$$35236293 \text{ N} < 0,10 \times 40 \text{ MPa} \times 3000 \text{ mm} \times 3000 \text{ mm}$$

$$35236293 \text{ N} < 36000000 \text{ N (Tekan diabaikan)}$$

Direncanakan menggunakan tulangan 120D32( $A_s = 108108 \text{ mm}^2$ )

Lalu dicek dengan diagram interaksil hasil program bantu PCA COL seperti pada Gambar berikut ini:



Gambar 4.32 Diagram Interaksi Pilar

Dari diagram interaksi pada Gambar 4.32 didapatkan rasio tulangan sebesar 1,09% (120 D 32) serta terlihat pula bahwa pilar mampu memikul kombinasi momen dan aksial yang terjadi.

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua tulangan longitudinal adalah 25 mm. Besarnya jarak antara tulangan longitudinal terpasang pada pilar tersebut adalah :

$$S = \frac{b_w - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \phi_{\text{sengkang}} - n \cdot \phi_{\text{tul utama}}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{3000 - 2 \times 50 - 2 \times 19 - 30 \times 32}{30 - 1} = 56,438 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

### Penulangan Geser Kolom Pilar

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut :

$$A_g = 3000 \times 3000 = 9000000 \text{ mm}^2$$

$$d = 3000 - 2 \times 50 - 2 \times (19/2) = 2,881 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{P_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$= 12,031,810.70 \text{ N} = 12,031.81 \text{ kN}$$

Syarat:  $\phi V_c \geq V_u$

$$0,75 \times 12,031.81 \text{ kN} \geq 836,57 \text{ kN}$$

$$9,023.86 \text{ kN} > 836,655 \text{ kN (OK)}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.3.5.2 jarak antara tulangan transversal pada pilar:

- $8 D_{\text{lentur}} = 8 \times 32 = 256 \text{ mm}$
- $24 D_{\text{geser}} = 456 \text{ mm}$
- $d/2 = 2865/2 = 1432,5 \text{ mm}$
- $300 \text{ mm}$

Jadi dipasang sengkang D19–150mm di sepanjang pilar.

### 4.6.6 Perhitungan Pier Head

Dalam perhitungan pada pier head ini di dapat gaya-gaya dalam yang terjadi dari SAP 2000, yaitu:

$$M_u = 38651.6 \text{ kN}$$

$$P_u = 13128.910 \text{ kN}$$

#### Data Perencanaan

- Dimensi pier head  $= 4000 \times 1500 \text{ mm}$
- Panjang pier head  $= 11 \text{ m}$
- Mutu beton ( $f'_c$ )  $= 40 \text{ MPa}$
- Diameter Tul. Utama ( $\phi$ )  $= 32 \text{ mm}$
- o Mutu Baja ( $f_y$ )  $= 400 \text{ MPa}$

- o Elastisitas( $E_s$ ) = 200000 MPa
- Selimut beton = 50 mm
- $\beta_1 = 0,85 - 0,008x(f'_c - 35)$   
 $= 0,85 - 0,008x(35 - 35) = 0,81$   
(RSNI T-12-2004 Pasal 5.1.1) dan tidak boleh diambil kurang dari 0,65
- $\phi_{lentur} = 0,8$  (RSNI T-12-2004 Tabel 4.5-2)
- $\phi_{geser} = 0,7$  (RSNI T-12-2004 Tabel 4.5-2)

### Penulangan Lentur Pier Head

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 f'_c \beta_1 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 40 \cdot 0,81 \left( \frac{600}{600 + 400} \right)}{400}$$

$$= 0,039$$

$$\rho_{min} = 1,4 / f_y = 1,4 / 400 = 0,0035$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} = 0,75 \times 0,039 = 0,0268$$

(SNI 2847:2013 Pasal B.8.4.2)

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 40} = 8,5$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b d x^2} = \frac{3865200 \text{ Nmm}}{0,9 \times 4000 (1874 \text{ mm})^2}$$

$$= 3,057$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \frac{2 m R_n}{f_y} \right) = \frac{1}{8,5} \left( 1 - \frac{2 \times 8,5 \times 3,057}{400} \right) = 0,008$$

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks}$$

$$0,0035 < 0,008 < 0,0268 \text{ pakai } \rho_{perlu}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_x \\ = 0,008 \times 4000 \times 1390 = 60129.422 \text{ mm}^2$$

Tulangan yang dipakai 50 D32 dengan 2 layer

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times n = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 32^2 \times 50 \\ = 70773.79 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 70773.799 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 60129.422 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

### Penulangan Geser Pier Head

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut :

$$A_g = 4000 \times 1500 = 6000000 \text{ mm}^2 \\ d = 1500 - 50 - 16 - 32/2 = 1318 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{P_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_w d \\ = 3891749,14 \text{ N} = 3891,75 \text{ kN}$$

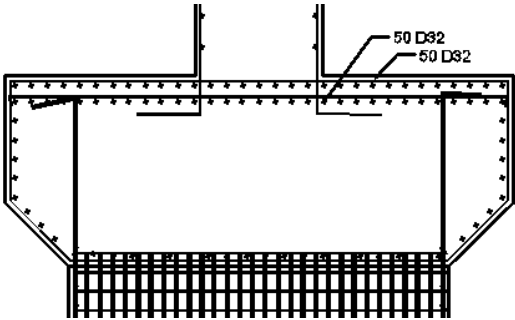
Syarat:  $\emptyset V_c \geq V_u$

$$0,75 \times 3891,75 \text{ kN} \geq 7565,45 \text{ kN} \\ 2918,81 \text{ kN} > 7565,45 \text{ kN (OK)}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.3.5.2 jarak antara tulangan transversal pada pier head penumpu girder:

- $8 D_{\text{lentur}} = 8 \times 32 = 256 \text{ mm}$
- $24 D_{\text{geser}} = 456 \text{ mm}$
- $d/2 = 2865 / 2 = 1432,5 \text{ mm}$
- $300 \text{ mm}$

Jadi dipasang sengkang D19–150 mm di sepanjang pier head.



Gambar 4.59 Tulangan Pier head

4.5.3 Perhitungan Pondasi

Perencanaan bangunan bawah atau pondasi suatu struktur bangunan harus mempertimbangkan beberapa hal diantaranya jenis, kondisi dan struktur tanah. Hal ini terkait dengan kemampuan atau daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi di atasnya. Perencanaan yang baik menghasilkan pondasi yang tidak hanya aman, namun juga efisien, ekonomis dan memungkinkan pelaksanaannya. Adapun data tanah yang didapatkan dari lokasi adalah sebagai berikut:

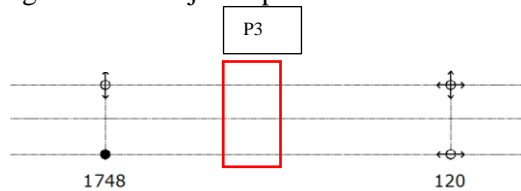
Tabel 4.20 Data Klasifikasi Tanah

Lapisan tanah ke-i	Tebal lapisan (di)	Deskripsi jenis tanah	Nilai N-SPT
	(m)		
1	2	Lempung kelanuan padat coklat kuning	6
2	2	Lempung kelanuan padat coklat kuning	2
3	2	Lempung kelanuan padat kuning	10
4	2	Lempung kelanuan padat kuning	8
5	2	Lempung kelanuan padat kuning	8
6	2	Lempung kelanuan padat kuning	12
7	2	Lempung kelanuan padat kuning	12



8	2	Lempung kelanuan padat kuning	21
9	2	Lempung kelanuan padat kuning	41
10	2	Lempung kelanuan berpasir padat kuning	41
11	2	Lempung kelanuan berpasir padat kuning	42
12	2	Lempung kelanuan berpasir padat kuning	44
13	2,5	Lempung kelanuan berpasir padat kuning	60
$\sum di$	<b>26</b>		<b>307</b>

Desain tiang pancang yang akan dianalisis adalah pada AS P.3 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.50



Gambar 4.60 Letak pondasi pondasi yang ditinjau

#### a. Perhitungan Tiang Pancang

##### Data Perencanaan

Data-data dalam perencanaan pondasi adalah :

- Kedalaman tiang pancang = 24 m
- Diameter tiang pancang (d) = 80 cm
- Keliling tiang pancang (As) =  $\pi d = 251,33$  cm
- Luas tiang pancang (Ap) =  $\frac{1}{4} \pi d^2$   
=  $\frac{1}{4} \pi (80 \text{ cm})^2$   
=  $5026,55 \text{ cm}^2$

Direncanakan pile cap dengan dimensi:

- L = 21,2 m
- B = 9,2 m
- T = 3,5 m

- **Perhitungan daya dukung borepile**

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned} N' &= 15 + 0.5 (N - 15) \\ &= 15 + 0.5 (41 - 15) \\ &= 28 \end{aligned}$$

a) Menghitung Tahanan Ujung

$$N_p' = \frac{28 + 28 + 28.5}{3}$$

$$= 28.2$$

$$q_p = N_p' \times k$$

$$= 28.2 \times 25$$

$$= 704.2 \text{ t/m}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 0.8^2$$

$$= 0.5 \text{ m}^2$$

$$Q_p = \alpha \times q_p \times A_p$$

$$= 0.85 \times 704.2 \times 0.5 \text{ m}^2$$

$$= 352.1 \text{ ton}$$

b) Tahanan Selimut

$$N_s = 41$$

$$N_s' = \frac{\sum N_{\text{tertanam}}}{n}$$

$$= \frac{162}{10}$$

$$= 16.2$$

$$q_s = \frac{N_s'}{3} + 1$$

$$= \frac{16.2}{3} + 1$$

$$\begin{aligned}
 &= 6.4 \\
 Q_s &= \beta \times q_s \times A_s \\
 &= 0.8 \times 6.4 \times (\text{Keliling tiang} \times \text{kedalaman}) \\
 &= 0.8 \times 6.4 \times (2.51 \text{ m} \times 20 \text{ m}) \\
 &= 321.3 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

c) Menghitung Daya Dukung Ultimate

Tahanan Tekan ujung ultimate :

$$= Q_p = 352.1 \text{ Ton}$$

Tahanan Gabung (ujung + selimut) ultimate :

$$= Q_p + Q_s$$

$$= 352.1 + 321.3 = 673.4 \text{ Ton}$$

d) Menghitung Daya Dukung Izin

Tahanan Tekan ujung izin:

$$= \frac{Q_p}{SF}$$

$$= \frac{352.1}{3}$$

$$= 117.4 \text{ Ton}$$

Tahanan Gabung (ujung + selimut) izin :

$$= \frac{Q_p + Q_s}{SF}$$

$$= \frac{673.4}{3}$$

$$= 224.5 \text{ Ton}$$

Untuk perhitungan selanjutnya di cantumkan didalam table berikut sesuai kedalaman berdasarkan data tanah.

Tabel 4.21 Rekapitulasi Tahanan Ujung dan Selimut

Tahanan Ujung				Tahanan Selimut				
Np'	K t/m <sup>2</sup>	qp t/m <sup>2</sup>	QP ton	Ns	Ns'	qs t/m <sup>2</sup>	As m <sup>2</sup>	QS ton
2,7	20	53,3	26,7	6	6,00	3,00	5,02	15,1
6,0	20	120,0	60,0	3	4,50	2,50	10,04	25,1
6,7	20	133,3	66,7	10	6,33	3,11	15,06	46,8
8,7	20	173,3	86,7	8	6,75	3,25	20,08	65,3
9,3	20	186,7	93,3	8	7,00	3,33	25,10	83,6
10,7	20	213,3	106,7	12	7,83	3,61	30,12	108,7
14,0	20	280,0	140,0	12	8,43	3,81	35,14	133,9
19,3	20	386,7	193,3	21	10,00	4,33	40,16	173,9
24,7	25	616,7	308,3	41	13,44	5,48	45,18	247,6
28,2	25	704,2	352,1	41	16,20	6,40	50,20	321,3
28,7	40	1.146,7	573,3	42	18,55	7,18	55,22	396,5
31,8	40	1.273,3	636,7	44	20,67	7,89	60,24	475,3
33,5	40	1.340,0	670,0	50	22,92	8,64	65,26	563,9

Tabel 4.22 Daya dukung Ijin

Daya Dukung Ultimate			Daya Dukung Izin		
Tahanan Tekan Ujung	Tahanan Gabung (Ujung + Selimut)	Tahanan Tarik Selimut	Tahanan Tekan Ujung	Tahanan Gabung (Ujung + Selimut)	Tahanan Tarik Selimut
ton	ton	ton	ton	ton	ton
26,7	41,7	15,1	8,9	13,9	5,0
60,0	85,1	25,1	20,0	28,4	8,4
66,7	113,5	46,8	22,2	37,8	15,6
86,7	151,9	65,3	28,9	50,6	21,8
93,3	176,9	83,6	31,1	59,0	27,9
106,7	215,4	108,7	35,6	71,8	36,2
140,0	273,9	133,9	46,7	91,3	44,6
193,3	367,2	173,9	64,5	122,4	58,0
308,3	555,9	247,6	102,8	185,3	82,5
352,1	673,4	321,3	117,4	224,5	107,1
573,3	969,8	396,5	191,1	323,3	132,2
636,7	1.112,0	475,3	212,2	370,7	158,4
670,0	1.233,9	563,9	223,3	411,3	188,0

Di mana :

$N'$  = Nilai N-SPT terkoreksi untuk lapisan  
(berdasarkan persamaan terzaghi dan peck )  
 $= 15 + 0.5 ( N - 15 )$

$N$  = Nilai N-SPT di lapangan

$Q_{all}$  = Daya dukung ijin tiang  
 $= Q_L / SF$

$SF$  = Angka keamanan, untuk perencanaan diambil sebesar **3**

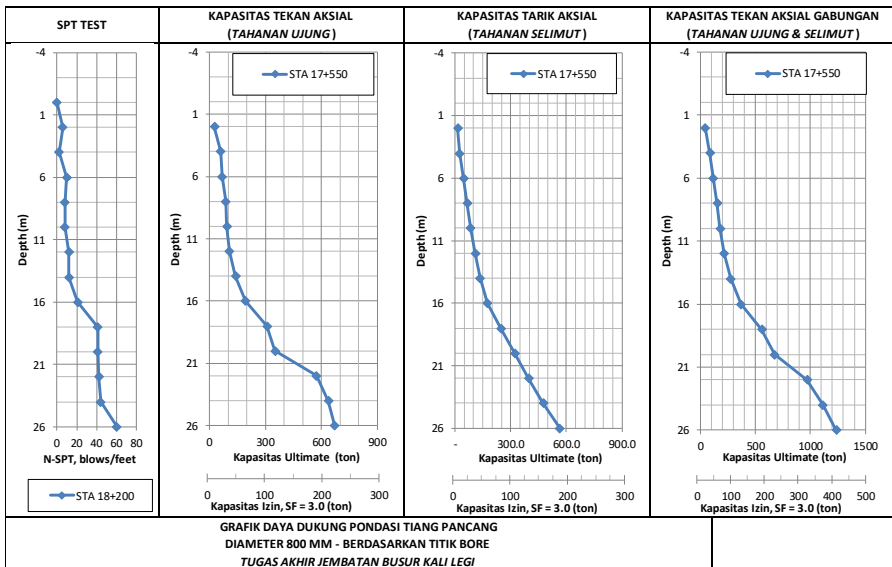
$Q_L$  = Daya dukung ultimate dari suatu pondasi dalam.  
 $= Q_P + Q_S$

- $Q_P$  = Daya dukung pondasi berdasarkan kapasitas ujung dasar tiang.  
 $= \alpha \times q_P \times A_P$   
 $= \alpha \times (\bar{N}_P \times K) \times A_P$
- $Q_S$  = Daya dukung pondasi berdasarkan kapasitas gesekan dinding/selimut tiang.  
 $= \beta \times q_s \times A_s$   
 $= \beta \times (\bar{N}_s/3 + 1) \times A_s$
- $\bar{N}_P$  = Rata-rata nilai N-SPT sepanjang  $4 \times B$  di atas dan  $4 \times B$  I bawah ujung dasar tiang.  
 $= \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{n}$
- $B$  = Diameter Tiang Rencana  
 $K$  = Koefisien karakteristik tanah.  
 $= 12 \text{ t/m}^2$  untuk lempung.  
 $= 20 \text{ t/m}^2$  untuk lanau berlempung.  
 $= 25 \text{ t/m}^2$  untuk lanau berpasir.  
 $= 40 \text{ t/m}^2$  untuk pasir.
- $A_P$  = Luasan pada ujung dasar tiang  
 $q_P$  = kekuatan pada ujung dasar tiang.  
 $\alpha$  = Koefisien Dasar Tiang  
 $= 1.00$  (Untuk Tiang Pancang / Driven Pile)  
 $= 0.85$  (Untuk Bore Pile pada Tanah Lempung Lunak)  
 $= 0.6$  (Untuk Bore Pile pada Tanah Kepadatan Sedang)  
 $= 0.5$  (Untuk Bore Pile pada Tanah Berpasir)
- $q_s$  = Kekuatan berdasarkan gesekan lateral ( $\text{t/m}^2$ )
- $\bar{N}_s$  = Rata-rata nilai N-SPT (Sepanjang tiang tertanam),  
 Dengan batasan:  $3 \leq N \leq 50$
- $A_s$  = Luas selimut tiang tertanam  
 $= \text{Keliling tiang} \times \text{Panjang Tiang Tertanam}$
- $\beta$  = Koefisien Shaft  
 $= 1.00$  (Untuk Tiang Pancang)

- = 0.8 (Untuk Bore Pile pada Tanah Lempung Lunak)
- = 0.65 (Untuk Bore Pile pada Tanah Kepadatan Sedang)
- = 0.5 (Untuk Bore Pile pada Tanah Berpasir)

Pile/Soil	Clay		Intermediate Soil		Sand	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
1. Driven Pile	1	1	1	1	1	1
2. Bored Pile	0,85	0,80	0,60	0,65	0,50	0,50
3. Injected Pile	1	3	1	3	1	3

(Decourt & Quaresma, 1978 & Decourt et al, 1996)



Gambar 4.61 Grafik daya dukung tanah

### Evaluasi Kapasitas Daya Dukung Bor

#### a. Gaya reaksi 1 tiang dan gaya reaksi group tiang

Tabel 4.23 Gaya Reaksi Satu Tiang Akibat Beban Layan dan Gempa

<b>TABLE: Element Force - Frames</b>	
<b>OutputCase</b>	<b>P</b>
Text	Tonf
daya layan 1	220.7522
daya layan 2	221.1173
daya layan 3	211.519
daya layan 4	207.2711
ekstrem 1	260.9778
ekstrem 2	255.8

Tabel 4.24 Gaya Reaksi Group Tiang Akibat Beban Layan dan Beban Gempa

<b>TABLE: Base Reactions</b>	
<b>OutputCase</b>	<b>GlobalFZ</b>
Text	Tonf
daya layan 1	5240.5807
daya layan 2	4127.7839
daya layan 3	5089.1118
daya layan 4	4483.2365

#### b. Kontrol Daya Dukung 1 tiang

$$\begin{array}{rcl}
 Q_{\text{maks. tekan}} & < & Q_{\text{izin tekan}} \\
 221.2 \text{ ton} & < & 224.5 \text{ ton} \quad \rightarrow \text{OK}
 \end{array}$$

#### c. Kontrol Daya Dukung Group Tiang Pancang

$$\begin{array}{rcl}
 \text{➤ Data} & & \\
 \text{Diameter Tiang, D} & = & 0.8 \text{ meter}
 \end{array}$$



Jumlah Tiang = 36  
 Jumlah Bore per baris, n = 9  
 Jumlah Baris, m = 4  
 Spasi Tiang, St = 2.4 meter  
 Q<sub>izin tekan</sub> = 224.5 ton

➤ Menghitung Koefisien Efisiensi Grup,

$$\begin{aligned}
 \text{Eff. grup} &= 1 - \theta \cdot \frac{(n-1) \cdot m_t + (m_t-1) \cdot n}{90 \cdot m_t \cdot n} \\
 &= 1 - 18.43 \cdot \frac{(9-1) \cdot 2 + (4-1) \cdot 4}{90 \cdot 4 \cdot 9} \\
 &= 0.66
 \end{aligned}$$

dimana :

$$\theta = \arctan \cdot \left( \frac{D}{St} \right) = \arctan \cdot \left( \frac{1.2}{3} \right) = 18.43$$

➤ Menghitung daya dukung group

$$Q_{\text{izin grup}} = \text{Eff. grup} \times \text{jumlah tiang} \times Q_{\text{izin tekan}}$$

$$= 0.66 \times 36 \times 224.5$$

$$= 5367.9 \text{ ton}$$

➤ Kontrol Daya Dukung group

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{tekan total maks}} &< Q_{\text{izin grup}} \\
 5240.6 \text{ ton} &< 5367.9 \text{ ton} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

### Evaluasi Kapasitas Material Tiang Pancang

20	A1	2564	641	6-24	40.70	63.60	415.00
	A2				46.20	84.40	406.20
	A3				51.00	97.80	398.20
	B				55.20	108.20	390.80
	C				70.60	129.80	367.60

Spesifikasi Tiang Pancang Dia. 800

Spesifikasi Tiang Pancang Dia. 800

Kelas C

Pallow = 367.6 ton

Mult = 129.8 ton-m

Evaluasi material pancang:

**(Kelas C)**

Akibat gaya normal

$$P_{allow} = 221.2 \text{ ton} < P_{allow} = 367.6 \text{ ton} \Rightarrow \text{OK}$$

$$M_u = 11.2 \text{ ton-m} < M_{ult} = 129.8 \text{ ton-m} \Rightarrow \text{OK}$$

Akibat gaya gempa

$$P_{allow} = 234.8 \text{ ton} < P_{allow} = 309.79 \text{ ton} \Rightarrow \text{OK}$$

$$M_u = 12.9 \text{ ton-m} < M_{ult} = 129.8 \text{ ton-m} \Rightarrow \text{OK}$$

## b. Perhitungan Pondasi Poer

### Kontrol Tebal Poer Pilar

Perencanaan tebal poer harus memenuhi suatu ketentuan bahwa kekuatan geser nominal harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi.

Data Perencanaan Poer :

- Dimensi Pilar = 3000 x 3000 mm
- Dimensi Poer = 11,6 x 9,2 x 3,5 m
- Selimut Beton = 40 mm
- Ø Tulangan = 32 mm
- Mutu Beton ( $f'_c$ ) = 40 MPa
- Dimensi tiang pancang = 800 mm
- $\lambda$  = 1 (Beton Normal)
- $\alpha_s$  = 30 (untuk pilartepi)
- Rasio sisi panjang terhadap daerah reaksi ( $\beta$ )

$$\beta = \frac{3000}{3000} = 1$$

$$d = 1200 - 40 - \frac{32}{2} = 1164 \text{ mm}$$

### Cek Geser Ponds 2 Arah Terhadap Poer Pilar

Penampang kritis adalah pada daerah dibawah Pilar oleh karena itu, Keliling penampang kritis ( $b_o$ ) ditentukan dengan perumusan dibawah:

$b_o$  = Keliling penampang kritis

$$\begin{aligned}
 &= 2 (b_{\text{kolom}} + d) + 2 (h_{\text{kolom}} + d) \\
 &= 2 (3000 + 1460) + 2 (3000 + 1460) = 23840 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut:

$$\text{a. } V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{0,5} \right) 1 \times \sqrt{40} \times 23840 \times 1460$$

$$V_c = 175029,82 \text{ kN}$$

$$\text{b. } V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{30 \times 1460}{23840} + 2 \right) 1 \times \sqrt{40} \times 23840 \times 1460$$

$$V_c = 65582,976 \text{ kN (Menentukan)}$$

$$\text{c. } V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,33 \times 1 \times \sqrt{40} \times 23840 \times 1460$$

$$V_c = 68158,672 \text{ kN}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser 65582,976 kN.

Syarat:  $V_c \geq P_u \text{ kolom}$

$$65582,976 \text{ kN} \geq 35236,29 \text{ kN (OK)}$$

Sehingga, ketebalan dan ukuran pile cap memenuhi syarat terhadap geser ponds.

### Cek Geser Ponds 2 Arah Terhadap Tiang

Penampang kritis adalah pada daerah dibawah kolom oleh karena itu, Keliling penampang kritis ( $b_o$ ) ditentukan dengan perumusan dibawah :

$b_o$  = Keliling penampang kritis

$$= \pi \times \left( \left( D + \frac{d}{2} \right) \times 2 \right)$$

$$= 2513,27 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut :

$$d. \quad V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{0,5} \right) 1 \times \sqrt{40} \times 2513,27 \times 1460$$

$$V_c = 18452,09 \text{ kN}$$

$$e. \quad V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{30 \times 1460}{2513,27} + 2 \right) 1 \times \sqrt{40} \times 2513,27 \times 1460$$

$$V_c = 35004,267 \text{ kN}$$

$$f. \quad V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,33 \times 1 \times \sqrt{40} \times 2513,27 \times 1460$$

$$V_c = 7185,462 \text{ kN (Menentukan)}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser 20491,11 kN.

Syarat:  $V_c \geq P_u$  tiang

$$7185,462 \text{ kN} \geq 4392,565 \text{ kN(OK)}$$

Sehingga, ketebalan dan ukuran pile cap memenuhi syarat terhadap geser ponds.

### **Desain Penulangan Poer Pilar**

Desain penulangan lentur poer dianalisis sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada pilar. Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang pancang sebesar  $P$  dan berat sendiri poer sebesar  $q$ . Desain penulangan poer pilar akan menggunakan tulangan baja dengan data desain sebagai berikut:

#### Data Perencanaan :

- Dimensi Poer (B x L) = 9200 x 21200 mm
- Tebal Poer = 3500 mm
- Mutu Beton ( $f'_c$ ) = 40 MPa
- Diameter Tul. Utama ( $\emptyset$ ) = 32 mm
- Mutu Baja ( $f_y$ ) = 400 MPa
- Elastisitas ( $E_f$ ) = 200000 MPa
- Tebal Selimut Beton = 40 mm
- Tinggi efektif balok poer  
 $d_x = 3500 - 40 - 32/2 = 3430 \text{ mm}$

Desain penulangan hanya dianalisis pada salah satu sumbu saja, hal tersebut dilakukan karena bentuk penampang poer yang simetris.

### Desain Penulangan Poer

#### Penulangan Arah X

Di dapat dari SAP 2000

Mux= 11011,6kNm

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 f_c' \beta_1 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 40 \cdot 0,81 \left( \frac{600}{600 + 400} \right)}{400} \\ &= 0,039 \\ \rho_{\text{min}} &= 1,4 / f_y = 1,4 / 400 = 0,0035 \\ \rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 \times 0,039 = 0,0268 \\ &\text{(SNI 2847:2013 Pasal B.8.4.2)}\end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 40} = 8,5$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_n}{\phi b d x^2} = \frac{11011600 \text{ Nmm}}{0,9 \times 1000 (3460 \text{ mm})^2} \\ &= 1,04 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \frac{2 m R_n}{f_y} \right) = \frac{1}{8,5} \left( 1 - \frac{2 \times 8,5 \times 1,04}{400} \right) = 0,0026$$

#### Cek rasio tulangan

$$\begin{array}{ll}\rho_{\text{min}} < & \rho_{\text{perlu}} \\ 0,0035 & > 0,0026\end{array}$$

$$\text{Maka, } A_{s_{\text{perlu}}} = 0,0035 \times 1000 \times 3460 = 9058 \text{ mm}^2$$

#### Syarat spasi antar tulangan

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \times 1500 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \leq 3000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{perlu}} &\leq S_{\text{maks}} \\
 \frac{1/4 \pi d^2 b}{A_s \text{ perlu}} &\leq 3000 \text{ mm} \\
 \frac{1/4 \pi (32)^2 1000}{9058} &\leq 3000 \text{ mm} \\
 178 \text{ mm} &< 3000 \text{ mm (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

#### Tulangan pasang

Dicoba pasang tulangan 2D32 – 150 mm

Syarat:  $A_s \text{ perlu} \leq A_s \text{ pasang}$

$$\begin{aligned}
 9058 \text{ mm}^2 &\leq \frac{1/4 \pi d^2 b}{s \text{ pasang}} \\
 9058 \text{ mm}^2 &\leq \frac{1/4 \pi (32)^2 1000 \times 2}{100} \\
 9058 \text{ mm}^2 &\leq 10723 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan 2D32 – 150 pada penulangan arah X.

#### Penulangan Arah Y

Di dapat dari SAP 2000

Muy = 4726,6 kNm

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 f_c' \beta_1 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \cdot 40 \cdot 0,81 \left( \frac{600}{600 + 400} \right)}{400} \\
 &= 0,039 \\
 \rho_{\text{min}} &= 1,4 / f_y = 1,4 / 400 = 0,0035 \\
 \rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 \times 0,039 = 0,0268 \\
 &\text{(SNI 2847:2013 Pasal B.8.4.2)}
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 40} = 8,5$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{4726600 \text{ Nmm}}{1000 (3460 \text{ mm})^2} = 0,446 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \frac{2 m R_n}{f_y} \right) = \frac{1}{8,5} \left( 1 - \frac{2 \cdot 8,5 \cdot 0,446}{400} \right) = 0,0011$$

#### Cek rasio tulangan

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}}$$

$$0,0035 < 0,0011$$

$$\text{Maka, } A_{s_{\text{perlu}}} = 0,0035 \times 1000 \times 3460 = 9058 \text{ mm}^2$$

#### Syarat spasi antar tulangan

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \times 1500 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \leq 3000 \text{ mm}$$

$$S_{\text{perlu}} \leq S_{\text{maks}}$$

$$\frac{1/4 \pi d^2 b}{A_{s_{\text{perlu}}}} \leq 3000 \text{ mm}$$

$$\frac{1/4 \pi (32)^2 1000}{9058} \leq 3000 \text{ mm}$$

$$178 \text{ mm} < 3000 \text{ mm (memenuhi)}$$

#### Tulangan pasang

Dicoba pasang tulangan 2D32 – 150 mm

$$\text{Syarat: } A_{s_{\text{perlu}}} \leq A_{s_{\text{pasang}}}$$

$$9058 \text{ mm}^2 \leq \frac{1/4 \pi d^2 b}{s_{\text{pasang}}}$$



$$9058 \text{ mm}^2 \leq \frac{1/4 \pi (32)^2 1000 \times 2}{100}$$

$$9058 \text{ mm}^2 \leq 10723 \text{ mm}^2$$

Maka, digunakan tulangan 2D32 – 150 pada penulangan arah Y.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari berbagai macam analisa dan kontrol yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil dari perencanaan struktur Modifikasi Jembatan Kali Legi ini antara lain:

1. Pelat lantai kendaraan berupa pelat beton dengan tebal 20 cm dan dilapisi aspal setebal 5 cm
2. Profil struktur sekunder menggunakan mutu baja BJ 50 dengan  $f_y = 290$  MPa dan  $f_u = 500$  MPa.
3. Dari hasil perhitungan struktur sekunder jembatan busur didapatkan:
  - Profil gelagar memanjang WF 450 x 200 x 9 x 14
  - Profil gelagar melintang WF 900 x 300 x 18 x 34
  - Ikatan angin lantai kendaraan L 250 x 250 x 35
  - Ikatan angin rangka Box 180 x 180 x 6,3 x 6,3
4. Pada permodelan struktur jembatan menggunakan SAP2000, digunakan permodelan 3 dimensi untuk mencari gaya aksial batang maksimum sesuai garis pengaruh batang akibat beban berjalan yang kemudian dijadikan acuan untuk mendesain profil batang yang digunakan sesuai gaya batang yang terjadi.
5. Profil struktur sekunder dan primer menggunakan mutu baja BJ 55 dengan  $f_y = 355$  MPa dan  $f_u = 565$  MPa. Dari hasil perhitungan struktur primer jembatan busur didapatkan:
  - Batang penggantung DWIDAG 47 mm
  - Batang atas busur segmen 1box 500 x 500 x 25 x 25
  - Batang atas busur segmen 2box 500 x 500 x 19 x 19
  - Batang atas busur segmen 3box 500 x 500 x 16 x 16
  - Batang bawah busur box 400 x 400 x 16 x 16
  - Batang vertikal busur box 180 x 180 x 8 x 8
  - Batang diagonal busur box 180 x 180 x 10 x 10
  - Batang tarik box 500 x 500 x 25 x 19

- Bracing portal akhir box 180 x 180 x 6,3
  - Kolom Portal akhir box 500 x 500 x 25 x 25
  - Ikatan silang angina rangka box 180 x 180 x 6,3 x 6,3
6. Perletakan menggunakan pot bearing dengan tipe:
    - Undirectional tipe GG24000-1200-50
    - Multidirectional tipe GL8000-50-20
    - Fixed tipe FX28000-1400
  7. Pilar jembatan berukuran tinggi 18,5 meter dengan kolom pier panjang 3 meter dan lebar 3 meter di sertai pier head panjang 11 meter, lebar 4 meter, tinggi 1,5. Dimensi poer berukuran panjang 21,2 meter lebar 9,2 meter dan tebal 3,5 meter. Mutu beton yang dipakai yaitu  $f'c = 25 \text{ MPa}$  dan 40 Mpa.
  8. Pondasi struktur menggunakan tiang pancang PT. WIKA BETON dengan  $D = 80 \text{ cm}$  (type C) dengan kedalaman 20 m berdasarkan hasil penyelidikan tanah SPT (Standard Penetration Test). Jumlah kebutuhan tiang pancang yaitu 36buah tiang pancang.

## 5.2 Saran

Di dalam laporan Tugas Akhir ini masih tentunya masih terdapat kesalahan-kesalahan. Di bawah ini adalah beberapa saran untuk memperbaiki perencanaan jembatan busur sehingga kedepannya didapatkan hasil yang baik dan maksimal, diantaranya:

1. Untuk perhitungan dan mendesain jembatan serta metode pelaksanaannya, lebih disarankan menggunakan *software* MIDAS CIVIL daripada SAP2000 karena fitur pada MIDAS CIVIL lebih khusus untuk perhitungan jembatan daripada SAP2000.
2. Untuk modifikasi busur ini digunakan rumus parabola selanjutnya dapat menggunakan rumus hiperbola, untuk membandingkan hasil dari Tugas Akhir ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 1992. **Bridge Management System (BMS) Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. **SNI 03-1729-2002 Standar Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2005. **SNI T-03-2005 Standar Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. **Rancangan Standar Nasional Indonesia Perancangan Jembatan Terhadap Gempa (RSNI) 2833:2013**. Perancangan Jembatan Terhadap Gempa. 65 hal
- Badan Standar Nasional Indonesia (SNI) **1725:2016. Standar Pembebanan Untuk Jembatan**. Departemen Pekerjaan Umum. 67 hal
- Civeng, M. **Artikel Jembatan Abutmen Teknik Sipil**, <<http://www.ilmutekniksipilindonesia.com/2015/04/artikel-jembatan-abutment-teknik-sipil.html>>
- Dien, Aristadi. Analisis Sistem Rangka Baja pada Struktur Jembatan Busur Rangka Baja <<http://www.pu.go.id/bapekin/hasil%20kajian//kajian2.html>>
- Gugo, Hilmy. Irawan, Joko. 2013. **Desain Jembatan Baru Pengganti Jembatan Kutai Kartanegara Dengan Sistem Busur**. Surabaya. Teknik Sipil FTSP ITS
- Gunawan, R dan Morisco. 1987. **Tabel Profil Konstruksi Baja**. Yogyakarta. Kanisius.
- Harwiyono (alm), Ir., Dr. Ir. Hidajat Sugihardjo, MS., dan Ir. Joko Irawan, MS. 2007. **Diktat Kuliah**

- Jembatan Bentang Panjang.** Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Irawan, R., & Trisanto, L. 2010. **Kajian Dasar Perencanaan dan Pelaksanaan Jembatan Pelengkung Beton.** Bandung: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.
- Marwan dan Isdarmanu. 2006. **Buku Ajar Struktur Baja I.** Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Setiawan, Agus. 2008. **Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD Edisi Kedua.** Semarang. Erlangga.
- Wahyudi, Herman. 2009. **Daya Dukung Pondasi Dalam.** Surabaya. Teknik Sipil FTSP-I

*“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”*

# Pot Bearings

**FIXED (TF), GUIDED (TGe), FREE (TGa)**

## Fixed Pot Bearings (TF)

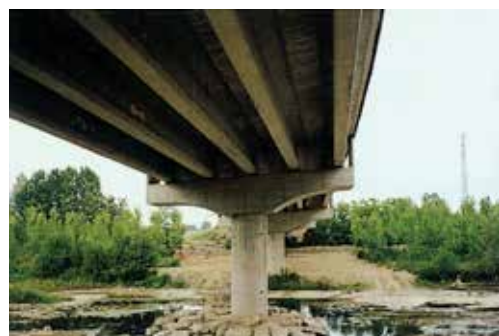
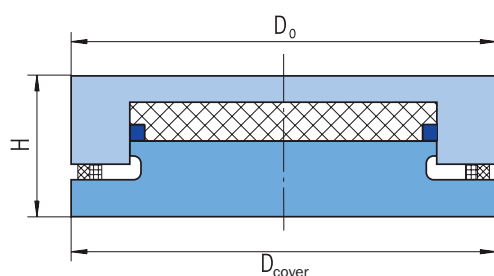
PERMISSIBLE CONCRETE PRESSURE = 26 N/mm <sup>2</sup>					
TYPE OF BEARING	LOAD V kN	H (mm)	D <sub>COVER</sub> (mm)	D <sub>0</sub> (mm)	WEIGHT (kg)
TF - 1	1000	70	270	270	36
TF - 2	2000	80	360	360	62
TF - 3	3000	90	430	430	93
TF - 4	4000	94	490	490	119
TF - 5	5000	101	550	550	155
TF - 6	6000	106	600	600	192
TF - 7	7000	112	650	650	235
TF - 8	8000	116	690	690	269
TF - 9	9000	124	730	730	322
TF - 10	10000	131	770	770	380
TF - 11	11000	135	810	810	427
TF - 12	12000	139	840	840	468
TF - 13	13000	145	880	880	544
TF - 14	14000	150	910	910	598
TF - 15	15000	155	940	940	654
TF - 16	16000	158	970	970	714
TF - 17	17000	161	1000	1000	768
TF - 18	18000	168	1030	1030	856
TF - 19	19000	170	1060	1060	913
TF - 20	20000	175	1090	1090	994
TF - 22	22000	183	1140	1140	1127
TF - 24	24000	190	1190	1190	1277
TF - 26	26000	198	1240	1240	1449
TF - 28	28000	203	1280	1280	1570
TF - 30	30000	210	1330	1330	1754

The table is based on a permissible compression of  $\sigma_{\text{exz}}$  = 26 N/mm<sup>2</sup>.

Assumed normal conditions are min.  $V = 0.5 \cdot \text{max. } V$  and a horizontal force  $H_{\text{Res}} = 0.1 \cdot \text{max. } V$ . Angular rotation  $\tan \varphi = \pm 0.01$ .

Dimensions and weights for deviating permissible concrete pressures and unusual load conditions will be calculated on request.

Note: Possibly necessary anchorage devices require additional space and are not considered within this table.





## Guided Pot Bearings (TGe)

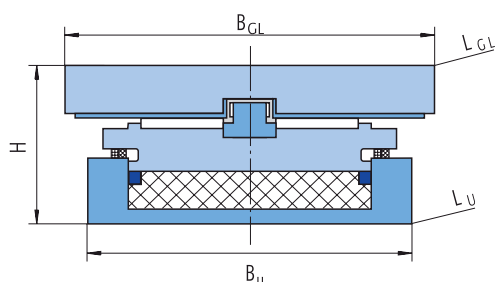
PERMISSIBLE CONCRETE PRESSURE = 26 N/mm <sup>2</sup>										
TYPE OF BEARING	LOAD V kN	H (mm)	B <sub>U</sub> L <sub>U</sub> (mm)	B <sub>GL</sub> (mm)	ex = ±50mm		ex = ±100mm		ex = ±150mm	
					L <sub>GL</sub> (mm)	WEIGHT (kg)	L <sub>GL</sub> (mm)	WEIGHT (kg)	L <sub>GL</sub> (mm)	WEIGHT (kg)
TGe - 1	1000	117	270	330	440	118	555	134	670	150
TGe - 2	2000	123	360	420	530	167	645	186	760	204
TGe - 3	3000	129	420	480	590	213	705	237	820	261
TGe - 4	4000	136	490	550	660	292	775	316	890	339
TGe - 5	5000	145	550	610	720	363	835	404	950	445
TGe - 6	6000	149	590	650	760	421	875	460	990	449
TGe - 7	7000	156	640	700	810	491	925	539	1040	586
TGe - 8	8000	162	690	750	860	576	975	629	1090	681
TGe - 9	9000	169	720	780	890	639	1005	698	1120	757
TGe - 10	10000	75	760	820	930	732	1045	796	1160	859
TGe - 11	11000	180	800	860	970	823	1085	892	1200	961
TGe - 12	12000	186	840	900	1010	930	1125	1000	1240	1069
TGe - 13	13000	188	860	920	1030	977	1145	1054	1260	1130
TGe - 14	14000	195	900	960	1070	1102	1185	1179	1300	1256
TGe - 15	15000	201	930	990	1100	1205	1215	1287	1330	1369
TGe - 16	16000	203	960	1020	1130	1299	1245	1386	1360	1472
TGe - 17	17000	209	990	1050	1160	1408	1275	1505	1390	1601
TGe - 18	18000	217	1020	1080	1190	1562	1305	1659	1420	1755
TGe - 19	19000	222	1050	1110	1220	1680	1335	1787	1450	1894
TGe - 20	20000	226	1070	1130	1240	1766	1355	1877	1470	1988
TGe - 22	22000	236	1130	1190	1300	2049	1415	2164	1530	2278
TGe - 24	24000	243	1180	1240	1350	2289	1465	2420	1580	2551
TGe - 26	26000	250	1220	1280	1410	2536	1535	2677	1660	2817
TGe - 28	28000	263	1270	1330	1460	2919	1585	3072	1710	3224
TGe - 30	30000	270	1320	1380	1510	3212	1635	3374	1760	3535

The table is based on a permissible pressure of  $\sigma_{exz} = 26 \text{ N/mm}^2$ .

Assumed normal conditions are min.  $V = 0.5 \cdot \text{max. } V$  and a horizontal force in lateral direction of  $H_y = 0.1 \cdot \text{max. } V$ . Angular rotation  $\tan \varphi = \pm 0.01$ .

Dimensions and weights for deviating permissible concrete pressures and unusual load conditions will be calculated on request.

Note: Possibly necessary anchorage devices require additional space and are not considered within this table.



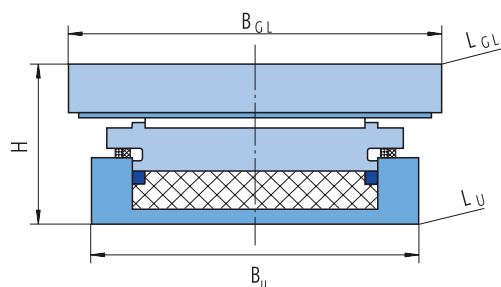
## Free Pot Bearings (TGa)

PERMISSIBLE CONCRETE PRESSURE = 26 N/mm <sup>2</sup>										
TYPE OF BEARING	LOAD V kN	H (mm)	B <sub>U</sub> L <sub>U</sub> (mm)	B <sub>GL</sub> (mm)	ex = ±50mm		ex = ±100mm		ex = ±150mm	
					L <sub>GL</sub> (mm)	WEIGHT (kg)	L <sub>GL</sub> (mm)	WEIGHT (kg)	L <sub>GL</sub> (mm)	WEIGHT (kg)
TGa - 1	1000	100	270	320	440	85	555	96	670	106
TGa - 2	2000	107	360	410	530	130	645	143	760	156
TGa - 3	3000	113	420	470	590	168	705	186	820	204
TGa - 4	4000	120	480	530	650	212	765	238	880	264
TGa - 5	5000	129	530	580	700	264	815	296	930	328
TGa - 6	6000	133	570	620	740	308	855	344	970	380
TGa - 7	7000	138	610	660	780	358	895	399	1010	439
TGa - 8	8000	144	650	700	820	414	935	462	1050	509
TGa - 9	9000	151	680	740	850	476	965	525	1080	574
TGa - 10	10000	156	710	770	880	532	995	586	1110	639
TGa - 11	11000	162	750	810	920	615	1035	673	1150	731
TGa - 12	12000	174	790	850	960	725	1075	789	1190	852
TGa - 13	13000	175	810	880	980	768	1095	835	1210	902
TGa - 14	14000	182	840	910	1010	847	1125	922	1240	997
TGa - 15	15000	188	870	940	1040	940	1155	1015	1270	1090
TGa - 16	16000	190	900	970	1070	1008	1185	1093	1300	1177
TGa - 17	17000	195	930	1000	1100	1108	1215	1193	1330	1277
TGa - 18	18000	199	950	1030	1120	1174	1235	1262	1350	1350
TGa - 19	19000	204	980	1060	1150	1280	1265	1374	1380	1467
TGa - 20	20000	208	1010	1080	1180	1374	1295	1471	1410	1568
TGa - 22	22000	219	1060	1130	1230	1586	1345	1692	1460	1798
TGa - 24	24000	224	1100	1180	1270	1746	1385	1860	1500	1973
TGa - 26	26000	231	1150	1230	1320	1963	1435	2086	1550	2208
TGa - 28	28000	240	1190	1270	1360	2180	1475	2311	1590	2442
TGa - 30	30000	246	1230	1320	1420	2400	1545	2549	1670	2698

Assumed normal conditions are min.  $V = 0.5 \cdot \max. V$ .  
An angular rotation  $\tan \varphi = \pm 0.01$  as well as a lateral displacement  $e_y$  acc. to DIN 4141 of at least  $\pm 20\text{mm}$ .

Dimensions and weights for deviating permissible concrete pressures and unusual load conditions will be calculated on request.

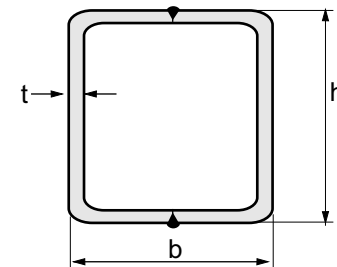
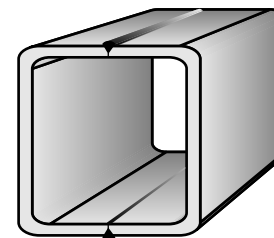
Note: Possibly necessary anchorage devices require additional space and are not considered within this table.





METRIC SIZE

DIMENSION	H	B	t	R	WEIGHT	AREA	MOMENT OF INERTIA	MOMENT OF RESISTANT	RADIUS OF GYRATION
							$I_x = I_y$	$Z_x = Z_y$	$i_x = i_y$
	mm	mm	mm	mm	kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
180	180	6.30	18	33.56	42.41	2,095.65	232.85	7.03	
180	180	8.00	18	41.92	52.84	2,545.86	282.87	6.94	
180	180	10.00	18	51.36	64.57	3,016.80	335.20	6.84	
220	220	6.30	18	41.48	52.49	3,939.93	358.18	8.66	
220	220	8.00	18	51.96	65.64	4,828.01	438.91	8.58	
220	220	10.00	18	63.92	80.57	5,782.46	525.68	8.47	
200	200	8.00	18	46.94	59.24	3,566.25	356.63	7.76	
200	200	9.00	18	52.34	66.67	3,990.00	399.00	7.73	
200	200	10.00	18	57.64	72.57	4,251.06	425.11	7.65	
200	200	12.00	18	67.92	86.53	4,980.00	498.00	7.59	
250	250	8.00	18	59.50	75.24	7,229.20	578.34	9.80	
250	250	9.00	18	66.48	84.67	8,090.00	647.00	9.78	
250	250	10.00	18	73.34	92.57	8,706.67	696.53	9.70	
250	250	12.00	18	86.76	110.50	10,300.00	820.00	9.63	
250	250	16.00	45	112.38	138.80	12,000.00	964.00	9.32	
260	260	6.30	18	49.38	62.57	6,634.95	510.38	10.30	
260	260	8.00	18	62.00	78.44	8,178.02	629.08	10.21	
260	260	10.00	18	76.48	96.57	9,864.65	758.82	10.11	
260	260	11.00	18	83.56	105.41	10,656.87	819.76	10.06	
300	300	8.00	18	72.06	91.24	12,800.69	853.38	11.84	
300	300	9.00	18	80.60	102.70	14,300.00	956.00	11.80	
300	300	10.00	18	89.04	112.57	15,519.37	1,034.62	11.74	
300	300	12.00	18	105.60	134.50	18,300.00	1,220.00	11.70	
300	300	16.00	45	137.50	170.80	22,100.00	1,470.00	11.40	
350	350	9.00	18	94.74	120.70	23,200.00	1,320.00	13.90	
350	350	12.00	18	124.44	158.50	29,800.00	1,700.00	13.70	
350	350	16.00	45	162.62	202.80	36,500.00	2,090.00	13.40	
350	350	19.00	45	190.18	233.80	40,700.00	2,320.00	13.20	
400	400	12.00	18	143.28	180.10	44,300.00	2,220.00	15.70	
400	400	16.00	45	187.74	234.80	56,200.00	2,810.00	15.50	
400	400	19.00	45	220.02	271.80	63,100.00	3,160.00	15.20	
400	400	22.00	75	251.34	300.20	66,200.00	3,310.00	14.80	
400	400	25.00	75	281.74	346.00	76,500.00	3,830.00	14.90	
450	450	12.00	18	162.12	204.10	64,200.00	2,850.00	17.70	
450	450	16.00	45	212.86	266.80	81,800.00	3,640.00	17.50	
450	450	19.00	45	249.84	309.80	92,600.00	4,120.00	17.30	
450	450	22.00	75	285.88	344.20	98,500.00	4,380.00	16.90	
450	450	25.00	75	321.00	396.00	113,600.00	5,050.00	16.90	
500	500	12.00	18	180.96	228.10	89,300.00	3,570.00	19.80	
500	500	16.00	45	237.98	298.80	114,000.00	4,570.00	19.60	
500	500	19.00	45	279.68	347.80	130,000.00	5,200.00	19.30	
500	500	22.00	75	320.42	388.20	140,000.00	5,590.00	19.00	
500	500	25.00	75	360.24	446.00	160,900.00	6,440.00	19.00	
550	550	12.00	18	199.80	252.10	120,100.00	4,370.00	21.80	
550	550	16.00	45	263.10	330.80	154,500.00	5,620.00	21.60	
550	550	19.00	45	309.50	388.10	178,500.00	6,490.00	21.40	
550	550	22.00	75	354.96	443.90	200,800.00	7,300.00	21.30	
550	550	25.00	75	399.50	496.00	219,800.00	7,990.00	21.00	
600	600	12.00	18	218.64	276.10	157,300.00	5,240.00	23.80	
600	600	16.00	45	288.22	362.80	203,000.00	6,770.00	23.70	
600	600	19.00	45	339.34	426.10	235,100.00	7,840.00	23.50	
600	600	22.00	75	389.50	487.90	265,200.00	8,840.00	23.30	
600	600	25.00	75	438.74	546.00	291,400.00	9,710.00	23.10	
650	650	12.00	18	237.48	300.10	201,500.00	6,200.00	25.90	
650	650	16.00	45	313.34	394.80	260,800.00	8,020.00	25.70	
650	650	19.00	45	369.16	464.10	302,500.00	9,310.00	25.50	
650	650	22.00	75	424.04	531.90	342,100.00	10,520.00	25.40	
650	650	25.00	75	478.00	596.00	377,000.00	11,600.00	25.10	
700	700	12.00	18	256.32	324.10	253,300.00	7,240.00	28.00	
700	700	16.00	45	338.46	426.80	328,500.00	9,380.00	27.70	
700	700	19.00	45	399.00	502.10	381,800.00	10,910.00	27.60	
700	700	22.00	75	458.58	575.90	432,500.00	12,360.00	27.40	
700	700	25.00	75	517.24	646.00	477,900.00	13,650.00	27.20	



## CHEMICAL COMPOSITION

GRADE	C (%) Max	Mn (%)	Si (%)	P (%) Max	S (%) Max
SS 400	-	-	-	0.040	0.040
A 36	0.25	1.40	1.40	0.040	0.040
SM 490 A & B	0.20	1.60 Max	0.55Max	0.035	0.035
GR 50 A	0.23	1.60 Max	0.55Max	0.050	0.050

## MECHANICAL PROPERTIES

GRADE	Y.S (Mpa)			T.S (Mpa)	E (%)
	t ≤ 16 mm	16 mm ≤ t ≤ 40 mm	t ≤ 40 mm		
SS 400	245	235	215	400 - 510	21
A 36	250	250	250	400 - 550	20
SM 490 A & B	325	315	295	490 - 610	17
GR 50 A	355	345	340	490 - 640	18

## NOTE :

- Standard length 6 m and 12 m
- Thickness Max. 25 mm
- Other specification/standard size on request can also be supplied
- Size 100 x 100 S/d 1000 x 1000 mm

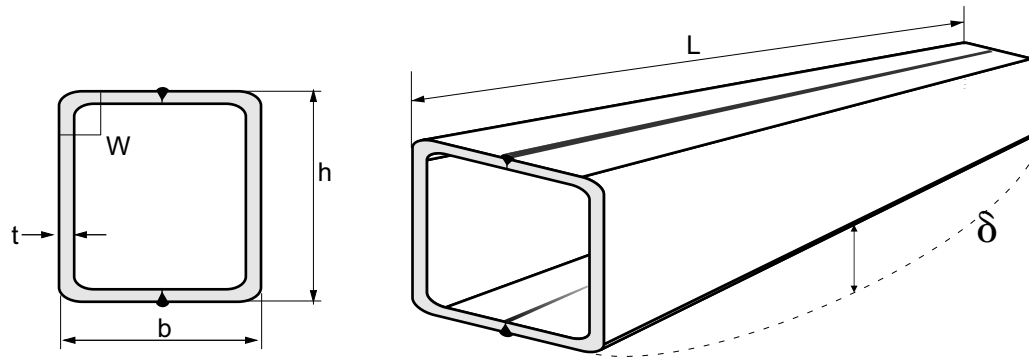
continue.....>>

## HEAD OFFICE & FACTORY

Jl. Imam Bonjol 4, Warung Bongkok,  
Sukadana, Cikarang Barat,  
Bekasi 17520, West Java, INDONESIA  
Forming Department  
Phone DID : (62-21) 898 38 291 - 296  
Phone Flexy : (021) 7085 3154 - 158  
Fax : (62-21) 898 38 298  
e-mail : pji01@grdsteel.com  
pji02@grdsteel.com



## SHAPED AND TOLERANCE



DESCRIPTION	TOLERANCE
Length (L)	- 0 + 50 mm
Cross-Section (B)	JIS G 3466
Depletion ( $\delta$ )	1/1000 length max
Squareness (W)	$\pm 20$
Twisting	$\pm 4$ mm
Thickness	JIS G 3193

### Standard :

- Specification standard JIS & ASTM
- Material Standard SS 400, A36 & GR 50 A, B, C
- Bigger dimension will be produced, if there confirm before
- Semi Welding joint, partial penetration ( AWS - D1.1 - 96 )



# BROCHURE

# THE PRECAST CONCRETE MANUFACTURER



*Innovation and Trust*



# PC PILES

## DESCRIPTION

Type of Piles	Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Spun Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira Shoe (Special Order) for PC Spun Pile
Method of Driving	Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving : Hydraulic Static Pile Driver (Jacking Pile)

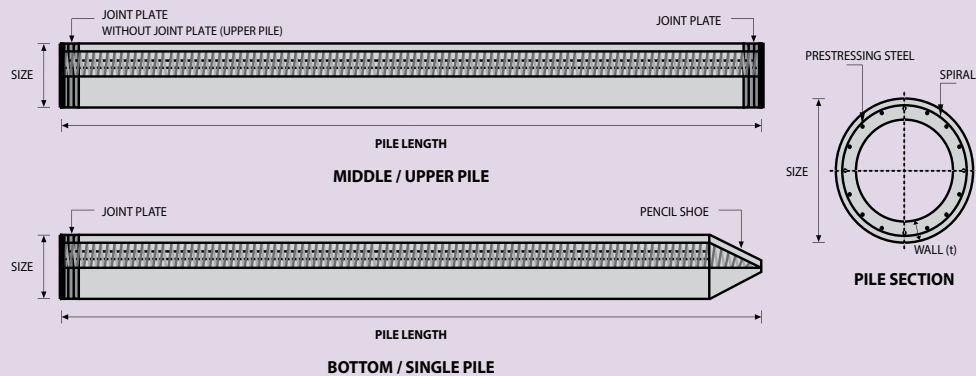
## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543R	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Chapter-4 Structural design requirement for piles with no seismic loading (In case pile is consider to seismic loading, piles detail should re-design refer to ACI 543R Chapter-5)
	SNI 2847 - 2013	Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

## MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 2049 - 2015	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 2834 - 2000 SNI 2493 - 2011	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 2014	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 2008	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 2052 - 2014	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BjTS 40 (Deformed) Steel Class : BjTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2011	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	SS400 (Tensile Strength 400 N/mm2) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS A5.1/E6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent.

## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



### PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 52 \text{ MPa}$  (Cube  $600 \text{ kg/cm}^2$ )

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section ( $\text{cm}^2$ )	Section Inertia ( $\text{cm}^4$ )	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack *	Break			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

Note : \*) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

\*\*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

\*\*) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

# TETRON CD<sup>®</sup>

## MECHANICAL POT BEARINGS



D E S I G N , B U I L D , M A I N T A I N



**FREYSSINET**  
SUSTAINABLE TECHNOLOGY





# MECHANICAL POT BEARINGS TETRON CD®



Tetron CD® pot bearings have been developed by Freyssinet since 1960. They are designed to allow or to block movements between two structures and to transfer the induced reactions. They fully satisfy all current international standards.

The Tetron CD® pot bearings designed according to the EN 1337 standard are all CE certified (no. 1777-CPD-0703). This EC certificate of conformity attests that all provisions concerning the attestation of conformity and the performances described in the annex ZA of the standard EN 1337-5 were applied and that Tetron CD® pot bearings fulfil all prescribed requirements.

**Field of use:** building and civil engineering works.

**Types:** fixed bearings, guided sliding bearings and free sliding bearings.

**Minimum operating temperature:** -35°C for sliding types and -40°C for fixed type.

**Elastomeric pad:** diameter less than or equal to 1500 mm.

**Seals:** Three types of internal seals are allowed for the Tetron CD® bearings:

- Brass seal for accumulated sliding path of 500 m
- Stainless steel seal for accumulated path of 1000 m
- Carbon filled PTFE seal for accumulated path of 2000 m

Upon request Freyssinet designs special bearings:

- to withstand specific loads: seismic, upflit, etc.,
- or to add options: load monitoring, jackable, etc.



## CONTENTS

Function / Description	p 3
Technical Specifications	p 4
Sizing	p 5
Pot Bearing Types	p 6
Quality Assurance	p 8
Test Benches / Installation	
Anti-Seismic	p 9
Tetron CD® pot bearings	
Monitored and jackable	p 10
Tetron CD® pot bearings	
Some References	p 11



## FUNCTION

Tetron CD® pot bearings developed by Freyssinet incorporate confined elastomer disks. They form the mechanical connections between a structure and its supports.

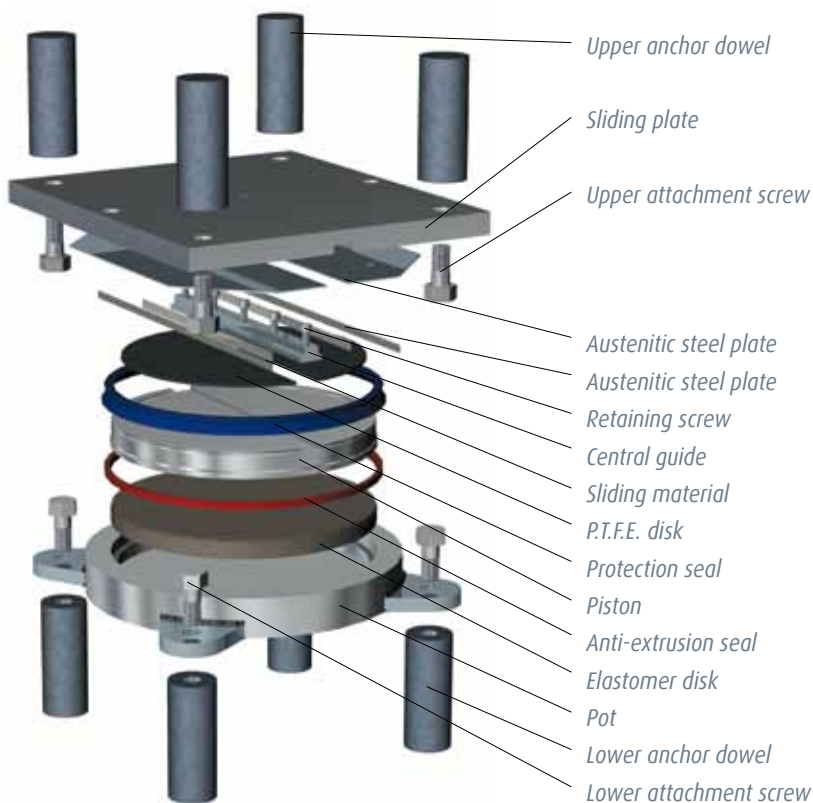
These bearings have the following advantages:

- resistance to low to very high vertical loads;
- transmission of high vertical and horizontal forces within small overall dimensions;
- high amplitude movement capacity in one or two horizontal directions with a very low coefficient of friction and without any elastic return force;
- high rotational amplitude along any horizontal axis, with a low resisting moment;
- very high resistance to dynamic loads.

## DESCRIPTION

The Tetron CD® pot bearing is composed of an elastomer disk confined in a cylindrical space limited by a hollow base (the pot) and a piston.

The elastomer behaves like an incompressible liquid. It can thus transmit very high loads and absorb rotations of the structure. If the pot bearing is provided with a sliding plate, it becomes multi-directional and a guide can be added to make it single directional.



### THERE ARE THREE AVAILABLE POT BEARING TYPES:

#### • Tetron CD® / FX (fixed)

This type consists simply of a pot, a piston and an elastomer disk.

The Tetron CD® / FX pot bearing behaves like a point hinge and can transmit horizontal forces along any direction either by friction to the structures or by anchor devices.

#### • Tetron CD® / GL (Free Sliding)

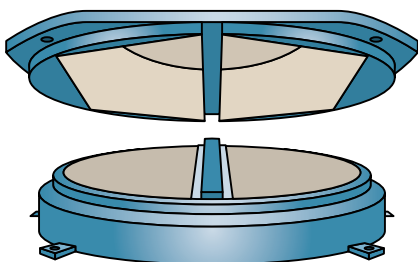
This type consists of a fixed pot bearing in which the piston is covered by a polytetrafluoroethylene (P.T.F.E) disk on which the upper sliding plate fixed to the superstructure is free to move. The bearing constructed in this manner is free to slide (it is multi-directional) and follows displacements in all horizontal directions.

The Tetron CD® / GL bearing is not designed to transmit horizontal loads.

#### • Tetron CD® / GG (Guided sliding)

This type is a multi-directional bearing provided with a guide. This guided sliding (or unidirectional) bearing only enables movements along the guiding direction. The guidance is achieved either by a central guide fixed on the piston or the sliding plate, or by side stops fixed to the plate.

The Tetron CD® / GG pot bearing can transmit horizontal forces in the direction perpendicular to the line of guidance.



## TECHNICAL SPECIFICATIONS

Tetron CD® pot bearings are designed to satisfy specifications of international standards or more stringent requirements as may be needed for some specific projects.

### Materials

The source of materials used to make Tetron CD® pot bearings is certified to technical specifications defined in European standard EN 1337-5 or equivalent.

### Protection against corrosion

All metal parts in Tetron CD® bearings are protected against corrosion in accordance with project specifications.

This protection may be provided for example by a paint system that may or may not complement zinc / aluminum or zinc metallization.

### Attachments

It may be necessary to fix Tetron CD® bearings to the structures using a removable system, depending on the applied horizontal forces.

This attachment is usually made by sockets embedded in the structures onto which the bearings are bolted.

### Options

Tetron CD® bearings may be equipped with the following options on request:

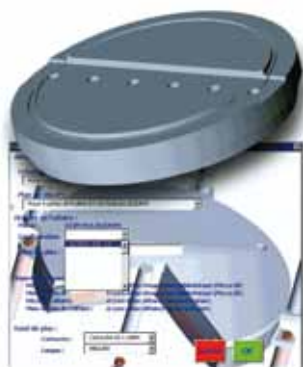
- a P.T.F.E. scraper disk protection seal;
- a skirt to provide optimum protection against external aggression;
- plane or skew external distribution plates;
- a movement indicator;
- a vertical load measurement device;
- temporary equipment for launching bridge deck.

There are other options. Please call a Freyssinet local agent for further information.





## SIZING



Freyssinet has developed a computer software to design pot bearings taking account of the various applicable international standards (BS, DIN, AASHTO, EN, Austroads, etc.), the immediate environment of pot bearings (structure types, construction methods, etc.) and selected options, and to satisfy each particular case.

This system comprises a calculation software that includes all parameters that have an influence on the dimensions and costs of the components and a CAD link that is capable of automatically plotting drawings of the bearings thus designed.

Apart from information about applicable standards and the environment of bearings, the information necessary for their optimum design is shown in the following table given as an example.

Bearing reference / Location				C0	C0	P1	P1	C2	C2		
Bearing identification (FX, GG, GL)				GL	GG	FX	GG	GL	GG		
Quantity				1	1	1	1	1	1		
Surfaces in contact		Upper surface		Concrete	Concrete	Concrete	Concrete	Mortar	Mortar		
		Lower surface		Concrete	Concrete	Concrete	Concrete	Concrete	Concrete		
Allowable average contact pressure (MPa)		Upper surface		SLS	23	23	23	23	23		
				ULS	30	30	30	30	30	30	
		Lower surface		SLS	23	23	23	23	23	23	
				ULS	30	30	30	30	30	30	
Loads (kN)	Serviceability Limit State (SLS)	Vertical	Maximum	5000	5000	20000	20000	5000	5000		
			Permanent	4500	4500	18000	18000	4500	4500		
			Minimum	2500	2500	10000	10000	2500	2500		
		Transverse		0	500	1000	2000	0	500		
				Longitudinal		0	0	2000	0	0	0
		Ultimate Limit State (ULS)	Vertical			Maximum	6500	6500	26000	26000	6500
	Minimum			3250	3250	13000	13000	3250	3250		
	Transverse			0	650	1300	2600	0	650		
			Longitudinal		0	0	2600	0	0	0	
	Ultimate Limit State with earthquake (ULSS)				Vertical	Maximum	6500	6500	26000	26000	6500
			Minimum	3250		3250	13000	13000	3250	3250	
		Transverse		0		650	1300	2600	0	650	
				Longitudinal		0	0	2600	0	0	0
		Displacement (mm)	Serviceability Limit State (SLS)			Irreversible	Transverse				
				Longitudinal							
	Reversible			Transverse	10	0		0	10	0	
Longitudinal				50	50		30	50	50		
Ultimate Limit State (ULS)	Irreversible			Transverse							
				Longitudinal							
	Reversible		Transverse	10	0		0	10	0		
			Longitudinal	50	50		30	50	50		
Ultimate Limit State with earthquake (ULSS)	Irreversible		Transverse								
			Longitudinal								
	Reversible		Transverse	10	0		0	10	0		
			Longitudinal	50	50		30	50	50		
Rotation (radians)	Serviceability Limit State (SLS)		Total	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016		
	Ultimate Limit State (ULS)		Total	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022		
Maximum dimensions (mm)	Pot diameter			800	800	1000	1300	800	800		
	Piston diameter (FX)					1000					
	Plate length (GG and GL)			1200	1200		1200	1200	1200		
	Plate width (GG and GL)			1100	1100		1100	1100	1100		
	Total height			200	200	250	300	200	200		
Plate presettings (GG and GL)				20	20		0	20	20		

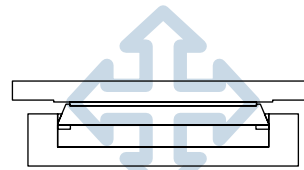
Values given for example

## POT BEARING TYPES

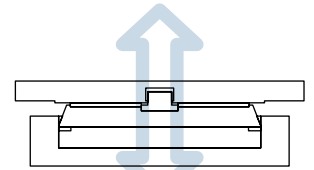
We have selected a series of pot bearings for information, to give a rough idea of their dimensions at the preliminary design stage.



Tetron CD®/ FX



Tetron CD®/ GL



Tetron CD®/ GG

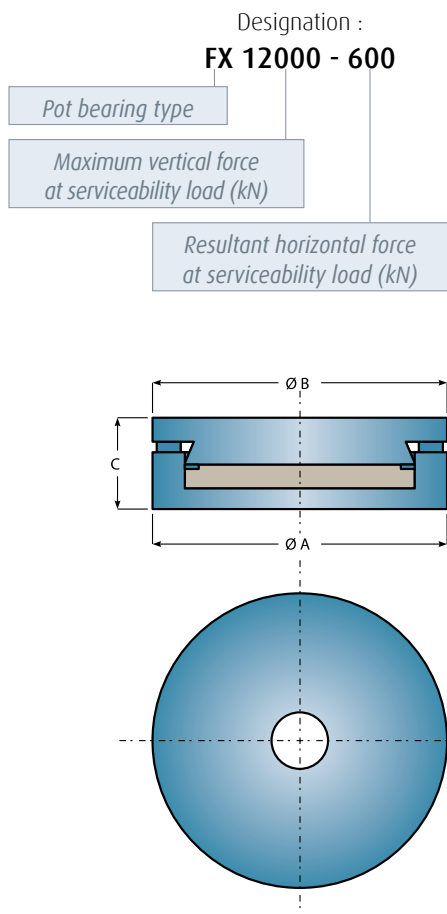


Vernègues viaduct, Mediterranean TGV line – France

The dimensions of bearings calculated according to standard EN 1337 are defined in the following tables given for information, for a rotation of 1/100 rad and a maximum concrete stress of 23 N/mm<sup>2</sup> in the serviceability limit state.

In practice, our bearings are designed individually for each case as a function of standards, particular specifications and actual loads.

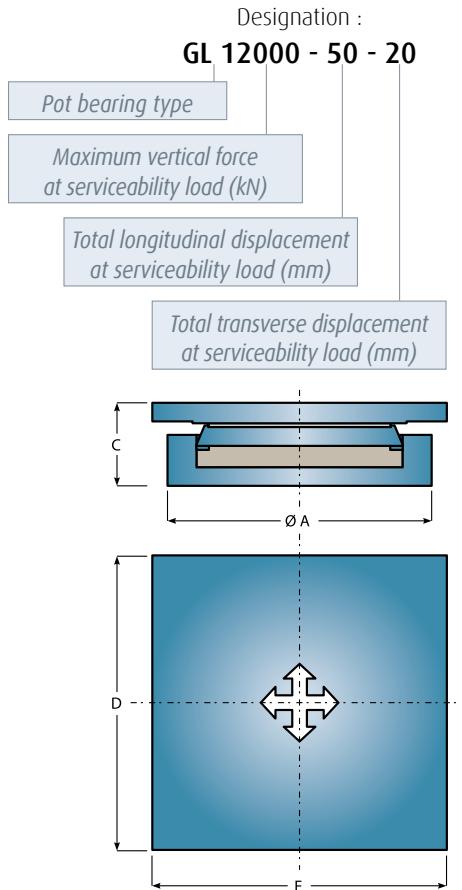
### Fixed pot bearing: TETRON CD®/ FX



Designation	Ø A (mm)	Ø B (mm)	C (mm)	Weight (kg)
FX 500 - 50	180	200	69	15
FX 1000 - 100	255	265	69	25
FX 1500 - 150	295	320	78	40
FX 2000 - 200	345	365	88	60
FX 2500 - 250	385	415	93	75
FX 3000 - 300	420	450	97	95
FX 3500 - 350	460	490	97	110
FX 4000 - 400	480	520	107	135
FX 4500 - 450	510	560	117	170
FX 5000 - 500	570	600	106	205
FX 6000 - 500	580	640	136	255
FX 7000 - 500	620	670	145	305
FX 8000 - 500	660	710	145	340
FX 9000 - 500	690	750	164	430
FX 10000 - 500	730	795	163	470
FX 12000 - 600	835	865	162	565
FX 14000 - 700	905	935	170	685
FX 16000 - 800	945	997	190	865
FX 18000 - 900	1000	1055	209	1085
FX 20000 - 1000	1095	1125	197	1135
FX 24000 - 1200	1190	1220	216	1475
FX 28000 - 1400	1260	1320	285	2400
FX 30000 - 1500	1305	1375	294	2670
FX 35000 - 1750	1415	1475	312	3280
FX 40000 - 2000	1515	1585	321	3865
FX 45000 - 2250	1610	1680	330	4415
FX 50000 - 2500	1700	1770	368	5620

Values given for information only

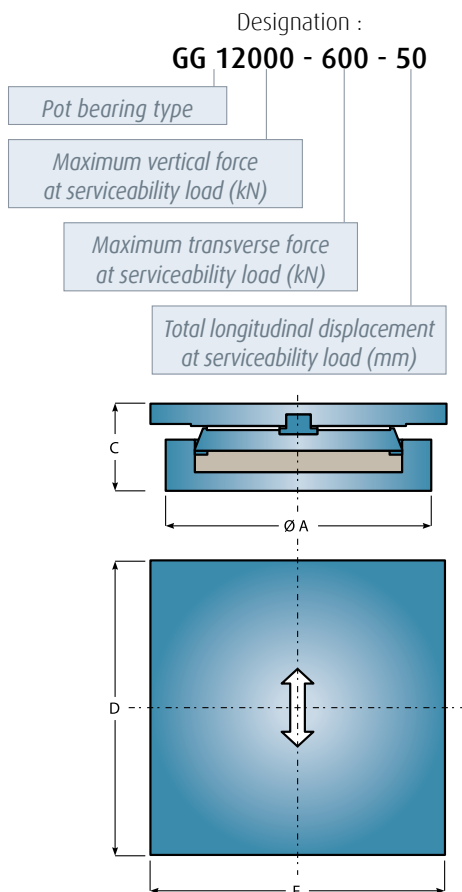
## Multidirectional pot bearing: TETRON CD®/ GL



Designation	Ø A (mm)	D (mm)	E (mm)	C (mm)	Weight (kg)
GL 500 - 50 - 20	170	245	225	90	25
GL 1000 - 50 - 20	225	290	175	90	35
GL 1500 - 50 - 20	270	330	315	94	45
GL 2000 - 50 - 20	310	370	355	99	60
GL 2500 - 50 - 20	345	410	395	99	75
GL 3000 - 50 - 20	375	435	430	108	95
GL 3500 - 50 - 20	405	460	465	108	110
GL 4000 - 50 - 20	435	500	495	108	125
GL 4500 - 50 - 20	465	525	530	118	155
GL 5000 - 50 - 20	495	555	550	112	175
GL 6000 - 50 - 20	545	610	605	122	215
GL 7000 - 50 - 20	590	655	655	142	290
GL 8000 - 50 - 20	635	695	695	157	275
GL 9000 - 50 - 20	680	745	740	156	425
GL 10000 - 50 - 20	720	785	785	170	520
GL 12000 - 50 - 20	795	855	860	169	595
GL 14000 - 50 - 20	860	920	920	208	925
GL 16000 - 50 - 20	925	985	985	232	1185
GL 18000 - 50 - 20	985	1045	1045	244	1405
GL 20000 - 50 - 20	1040	1100	1100	250	1610
GL 24000 - 50 - 20	1145	1205	1205	274	2135
GL 28000 - 50 - 20	1240	1300	1300	293	2685
GL 30000 - 50 - 20	1285	1345	1345	317	3095
GL 35000 - 50 - 20	1395	1455	1455	327	3765
GL 40000 - 50 - 20	1495	1555	1555	356	4715
GL 45000 - 50 - 20	1590	1650	1650	365	5455
GL 50000 - 50 - 20	1680	1740	1740	389	6490

Values given for information only

## Unidirectional pot bearing: TETRON CD®/ GG



Designation	Ø A (mm)	D (mm)	E (mm)	C (mm)	Weight (kg)
GG 500 - 50 - 50	205	270	235	100	30
GG 1000 - 100 - 50	270	325	290	104	45
GG 1500 - 150 - 50	325	365	330	104	60
GG 2000 - 200 - 50	355	390	380	109	80
GG 2500 - 250 - 50	400	425	415	113	100
GG 3000 - 300 - 50	430	445	440	118	120
GG 3500 - 350 - 50	460	475	470	123	145
GG 4000 - 400 - 50	490	505	505	123	160
GG 4500 - 450 - 50	520	535	535	137	200
GG 5000 - 500 - 50	550	565	565	142	230
GG 6000 - 500 - 50	590	615	615	162	295
GG 7000 - 500 - 50	620	660	660	162	350
GG 8000 - 500 - 50	660	705	705	167	415
GG 9000 - 500 - 50	690	745	745	181	500
GG 10000 - 500 - 50	730	785	785	185	560
GG 12000 - 600 - 50	820	860	860	184	675
GG 14000 - 700 - 50	870	930	930	213	930
GG 16000 - 800 - 50	935	995	995	242	1245
GG 18000 - 900 - 50	1000	1055	1055	246	1400
GG 20000 - 1000 - 50	1050	1110	1110	265	1710
GG 24000 - 1200 - 50	1160	1215	1215	284	2200
GG 28000 - 1400 - 50	1255	1315	1315	327	2970
GG 30000 - 1500 - 50	1300	1360	1360	336	3300
GG 35000 - 1750 - 50	1410	1470	1470	365	4240
GG 40000 - 2000 - 50	1510	1570	1570	363	4780
GG 45000 - 2250 - 50	1605	1665	1665	382	5690
GG 50000 - 2500 - 50	1695	1755	1755	410	6800

Values given for information only

## QUALITY ASSURANCE

Tetron CD® bearings are made using procedures defined in the Freyssinet Quality Assurance Plan according to ISO 9002. This guarantees that they are conform with contractual requirements.

## TEST BENCHES



The quality and operation of Tetron CD® pot bearings are regularly checked by tests according to the different applicable standards (AAHSTO, BS, EN 1337, DIN, etc.) such as:

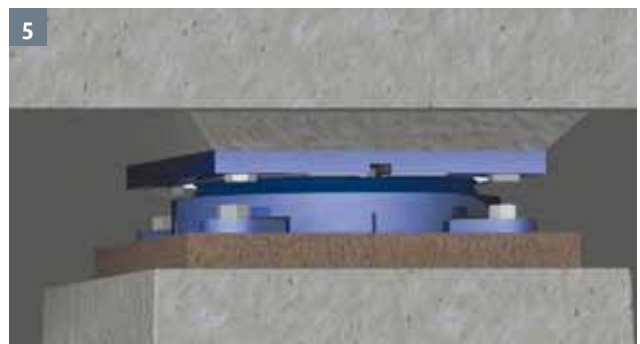
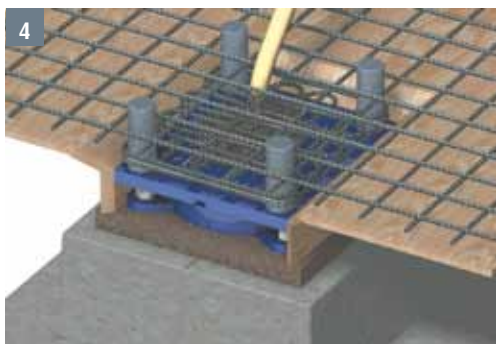
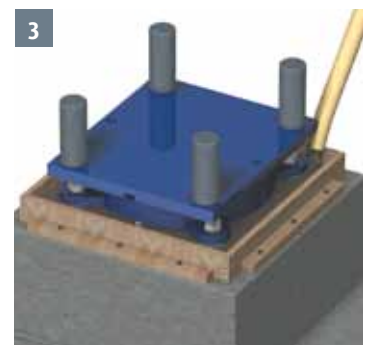
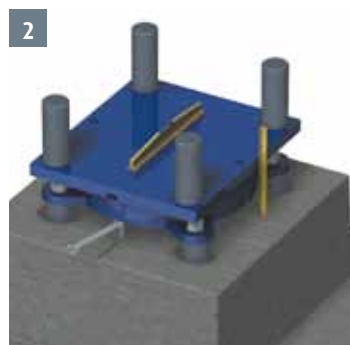
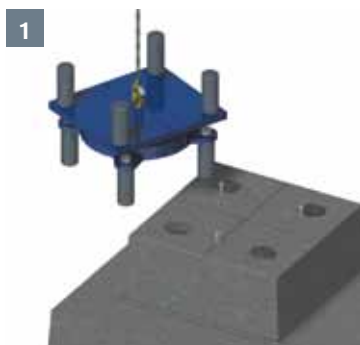
- vertical load;
- combined vertical and horizontal loads;
- operation with rotation;
- wear and friction.

## INSTALLATION

Correct installation of Tetron CD® pot bearings is a difficult operation and decisive for durability. Lack of precision or any mistake in the various installation steps can introduce forces that damage the pot bearings, or even jeopardize the integrity of the structures.

There is a specific installation procedure for every project.

The following sketches illustrates the installation of a Tetron CD® pot bearing for a cast in situ structure.



- 1/ Place the bearing on its support
- 2/ Adjust the bearing
- 3/ Grout the base
- 4/ Formwork, reinforcement and pour concrete of the superstructure
- 5/ Release temporary attachments.



## ANTI-SEISMIC TETRON CD® POT BEARINGS

Tetron CD® pot bearings are also specifically designed to withstand the large forces and movements induced by seismic events. Fixed and guided bearings may be calculated to resist horizontal forces which are sometimes of the same magnitude as the vertical reaction.



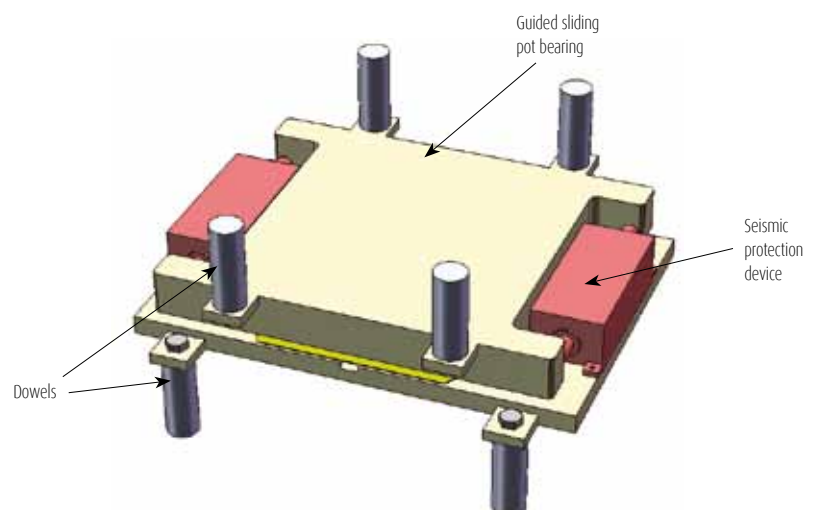
*C380 Viaduct – Taiwan: pot bearings for very high horizontal seismic loads*



*Sungai Prai – Malaysia:  
pot bearing resistant to uplift*

Under extreme seismic events, bearings may be required to resist uplift forces, to prevent for example a deck from overturning.

Guided sliding Tetron CD® pot bearings can be also combined with seismic protection devices, shock transmission units or dampers. They will allow the free displacement of the superstructure except during seismic events.





## MONITORED AND JACKABLE TETRON CD® POT BEARINGS

During the fabrication process Tetron CD® pot bearings can be fitted with internal load gauges to monitor the bearing reaction after installation.

When the superstructure is required to be lifted several millimetres during the lifetime of the bridge, then Tetron CD® pot bearings can be designed to be injected after installation. Liquid Silicon Rubber is injected at high pressure and will polymerize.



*Weighable pot bearing Prébois viaduct – Switzerland*

Jackable bearings can also be designed by combining a Tetron CD® pot bearing and a Freyssinet flat jack. The stroke of the flat jack allows to lift a few centimetres.



*Bridge over the Some – Switzerland: pot bearing installed on flat jack.*

## SOME REFERENCES



1/ Venezuela, Orenoque Bridge

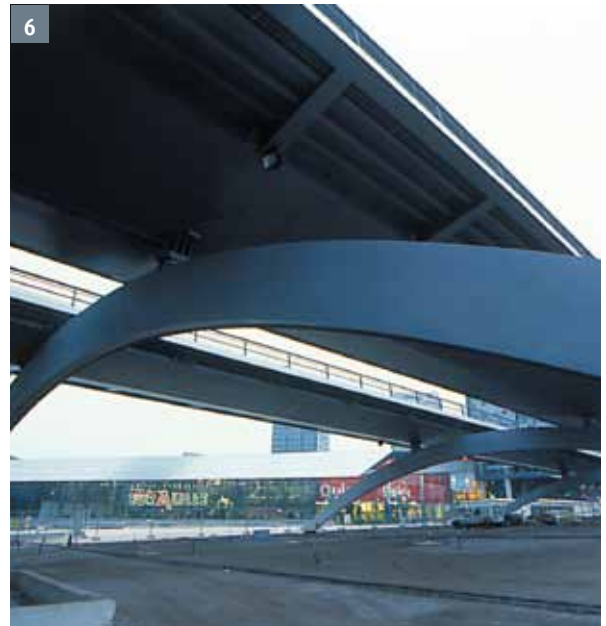
2/ France, Tours Palais des Congrès

3/ United Kingdom, London Saint Pancras Station

4/ France, Ventabren viaduct, railways bridge

5/ France, Allone bridge

6/ France, Euralille





## More than 60 offices worldwide

### AMERICAS

- **Argentina**  
Freyssinet - Tierra Armada S.A.
- **Brazil**  
Freyssinet Brazil Ltda
- **Canada**  
Freyssinet Canada Ltée
- **Chile**  
Freyssinet Tierra Armada Chile S.A
- **Colombia**  
Freyssinet Colombie
- **El Salvador**  
Fessic S.A De C.V.
- **Mexico**  
Freyssinet de Mexico - Tierra Armada S.A.
- **Panama**  
Freyssinet
- **United States**  
Freyssinet Inc.
- **Venezuela**  
Freyssinet - Tierra Armada CA

### EUROPE

- **Belgium**  
Freyssinet Belgium N.V.
- **Bulgaria**  
Freyssinet

### Danemark

- A/S Skandinavisk  
Spaendbeton
- **Estonia**  
Latvijas Tilti
- **France**  
Freyssinet France  
Freyssinet International & Cie
- **Hungary**  
Pannon Freyssinet Kft
- **Iceland**  
A/S Skandinavisk  
Spaendbeton
- **Ireland**  
Freyssinet Ireland
- **Latvia**  
Latvijas Tilti
- **Lithuania**  
Latvijas Tilti
- **Macedonia**  
Freyssinet Balkans
- **Netherlands**  
Freyssinet Nederland B.V.
- **Norway**  
A/S Skandinavisk Spaendbeton
- **Poland**  
Freyssinet Polska Sp. z o.o

### Portugal

- Freyssinet - Terra Armada S.A
- **Romania**  
Freyrom
- **Russia**  
Freyssinet
- **Serbia**  
Freyssinet
- **Slovenia**  
Freyssinet Adria SI d.o.o.
- **Spain**  
Freyssinet S.A.
- **Sweden**  
A/S Skandinavisk Spaendbeton
- **Switzerland**  
Freyssinet S.A.
- **Turkey**  
Freysas
- **United Kingdom**  
Freyssinet Ltd

### AFRICA AND MIDDLE EAST

- **Abu Dhabi**  
Freyssinet Middle East LLC
- **Algeria**  
Freyssinet Algérie
- **Dubai**  
Freyssinet Gulf LLC
- **Egypt**  
Freyssinet - Menard Egypt SAE
- **Jordan**  
Freyssinet Jordan LLC
- **Koweit**  
Freyssinet Koweit
- **Morocco**  
Freyssima
- **Oman**  
Freyssinet Arabian Sea LLC
- **Qatar**  
Freyssinet Menard Qatar WLL

### Saudi Arabia

- Freyssinet Menard Saudi Arabia Ltd.
- **Sharja**  
Freyssinet Menard  
Northern Emirates LLC
- **South Africa**  
Freyssinet Posten (Pty) Ltd
- **Tunisia**  
Freyssinet

### ASIA

- **Hong Kong**  
Freyssinet Hong Kong Ltd  
Freyssinet Insight Sewer Services Ltd
- **India**  
Freyssinet Menard INDIA Pvt Ltd
- **Indonesia**  
PT Freyssinet Total Technology
- **Japan**  
Freyssinet KK Japon
- **Macau**  
Freyssinet Macau Ltd
- **Malaysia**  
Freyssinet PSC (M) SDN BHD
- **Pakistan**  
Freypak Ltd

### Singapore

- PSC Freyssinet (S) Pte. Ltd
- **South Korea**  
Freyssinet Korea Co. Ltd
- **Taiwan**  
Freyssinet Taiwan Engineering
- **Thailand**  
Freyssinet Thailand Ltd
- **Vietnam**  
Freyssinet Vietnam

### OCEANIA

- **Australia**  
Freyssinet Australia Pty Ltd
- **New Zealand**  
Freyssinet New Zealand Ltd

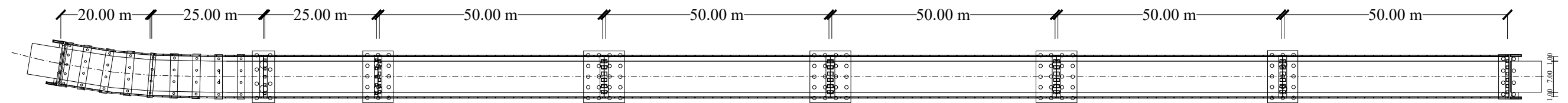


**FREYSSINET**  
SUSTAINABLE TECHNOLOGY

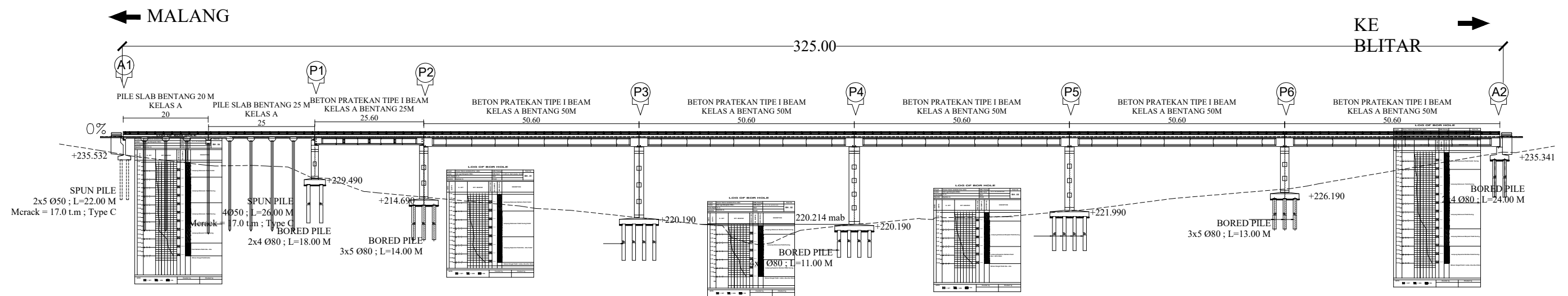
1 bis, rue du Petit Clamart 78140 Vélizy-Villacoublay - France  
Tel: +33 1 46 01 84 84 - Fax: +33 1 46 01 85 85  
[www.freyssinet.com](http://www.freyssinet.com)







**DENAH LANTAI KENDARAAN JEMBATAN SEBELUM MODIFIKASI**  
 SKALA  
 1:1000



**POTONGAN MEMANJANG JEMBATAN SEBELUM MODIFIKASI**  
 SKALA  
 1:1000



**JUDUL TUGAS AKHIR**  
 PERENCANAAN MODIFIKASI  
 JEMBATAN KALI LEGI  
 MENGGUNAKAN BUSUR BAJA  
 DENGAN LANTAI KENDARAAN DI  
 TENGAH (A HALF THROUGH ARCH)

**JUDUL GAMBAR**  
 POTONGAN MEMANJANG JEMBATAN  
 SEBELUM MODIFIKASI

**SKALA**  
 1 : 1000

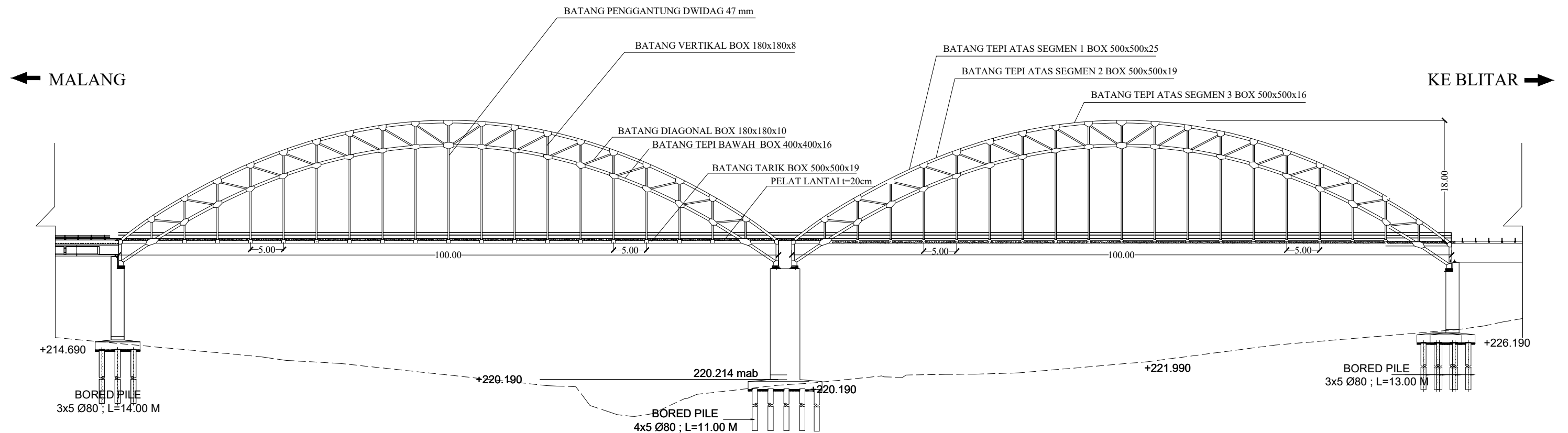
**NO**  
 2  
**JMLH**  
 22

**DOSEN PEMBIMBING**  
 ENDAH WAHYUNI, ST, MSc, Ph.D  
 NIP. 19700201 1995122 001

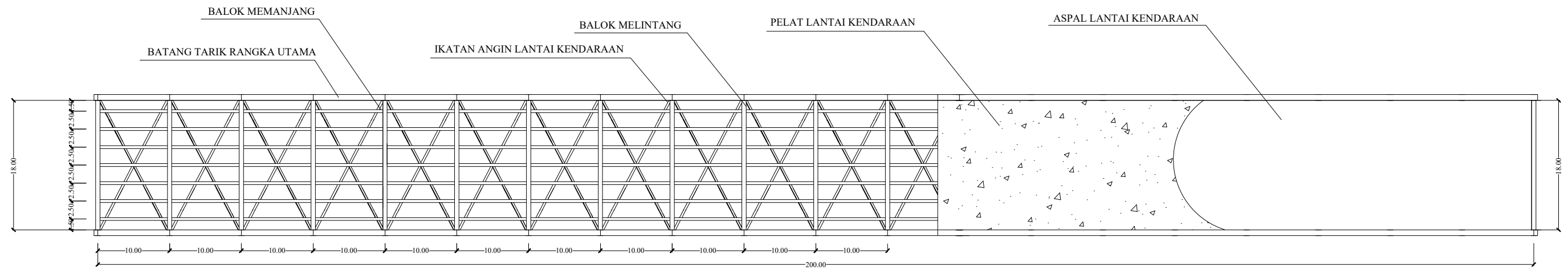
**MAHASISWA**  
 EMILIA NUR A.S  
 NRP. 3116 105 046







**POTONGAN MEMANJANG JEMBATAN MODIFIKASI**  
SKALA 1:300

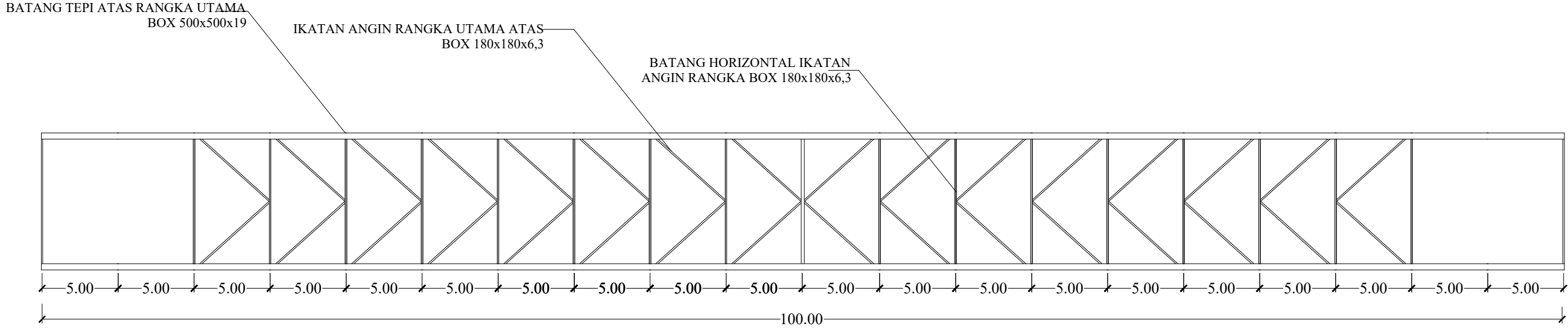


**DENAH LANTAI JENDARAAN PADA JEMBATAN BUSUR**  
SKALA 1:300

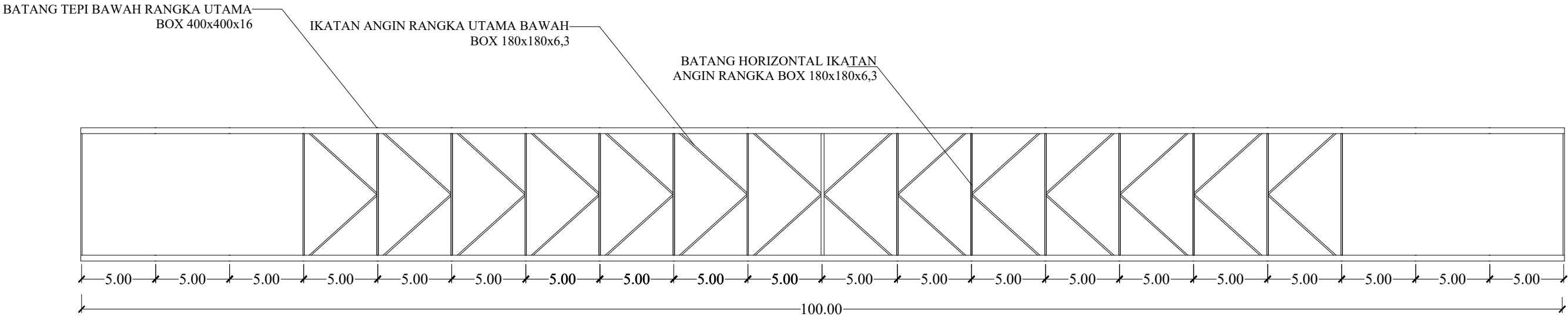


JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA
PERENCANAAN MODIFIKASI JEMBATAN KALI LEGI MENGGUNAKAN BUSUR BAJA DENGAN LANTAI KENDARAAN DI TENGAH (A HALF THROUGH ARCH)	POTONGAN MEMANJANG JEMBATAN SETELAH MODIFIKASI	1 : 600	5	ENDAH WAHYUNI, ST, MSc, Ph.D NIP. 19700201 1995122 001	EMILIA NUR A.S NRP. 3116 105 046
			JMLH		
			22		



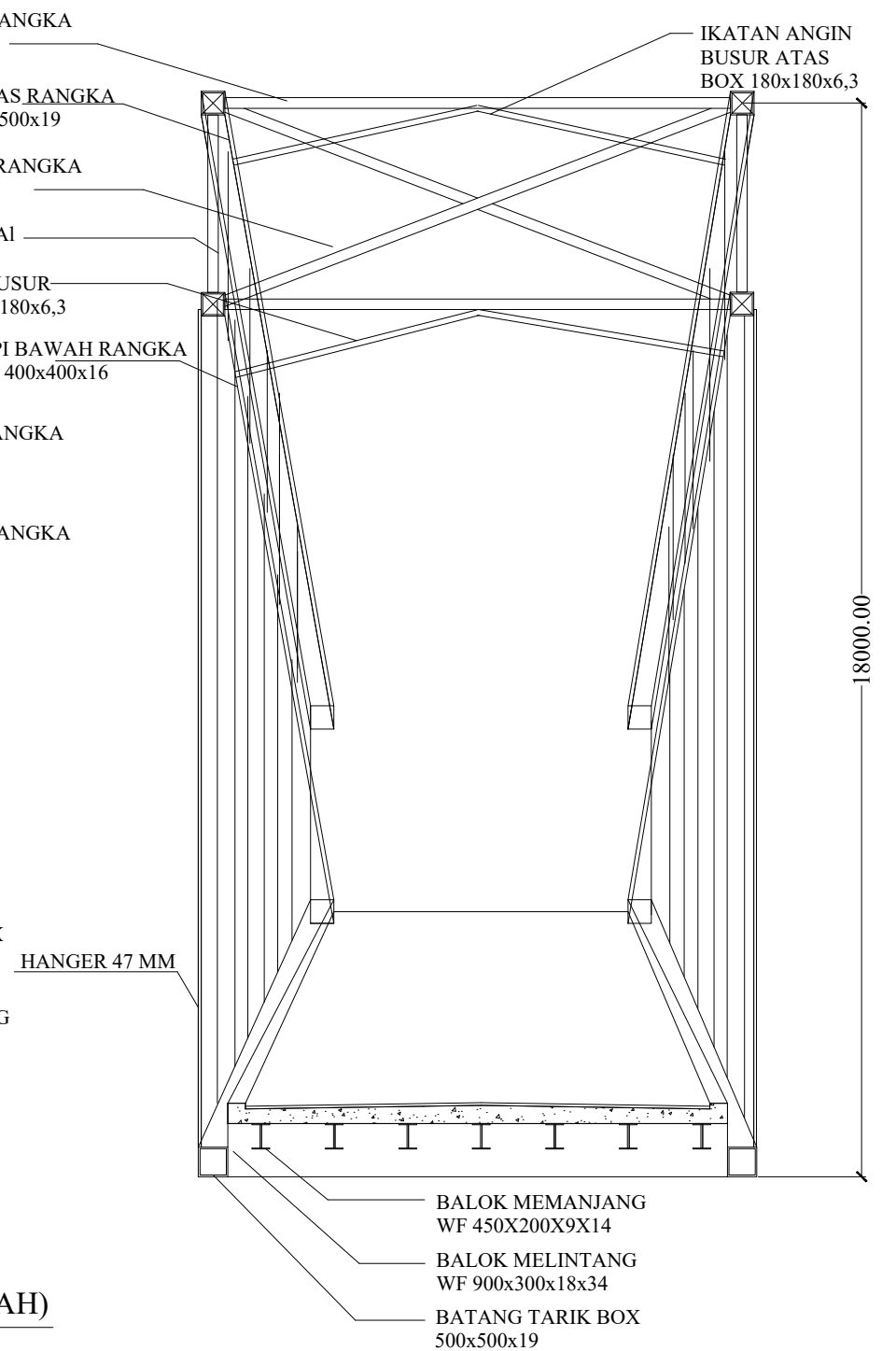
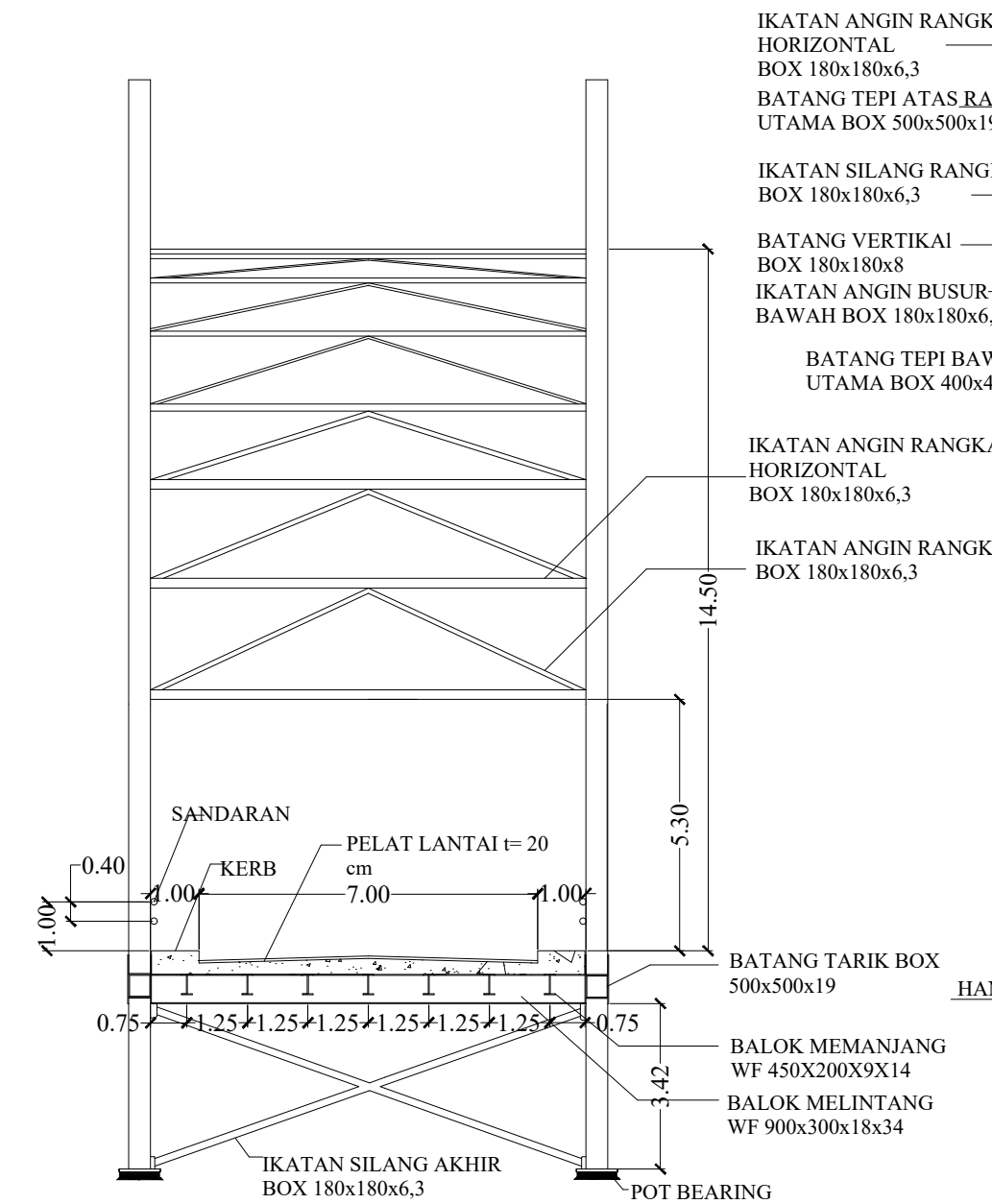
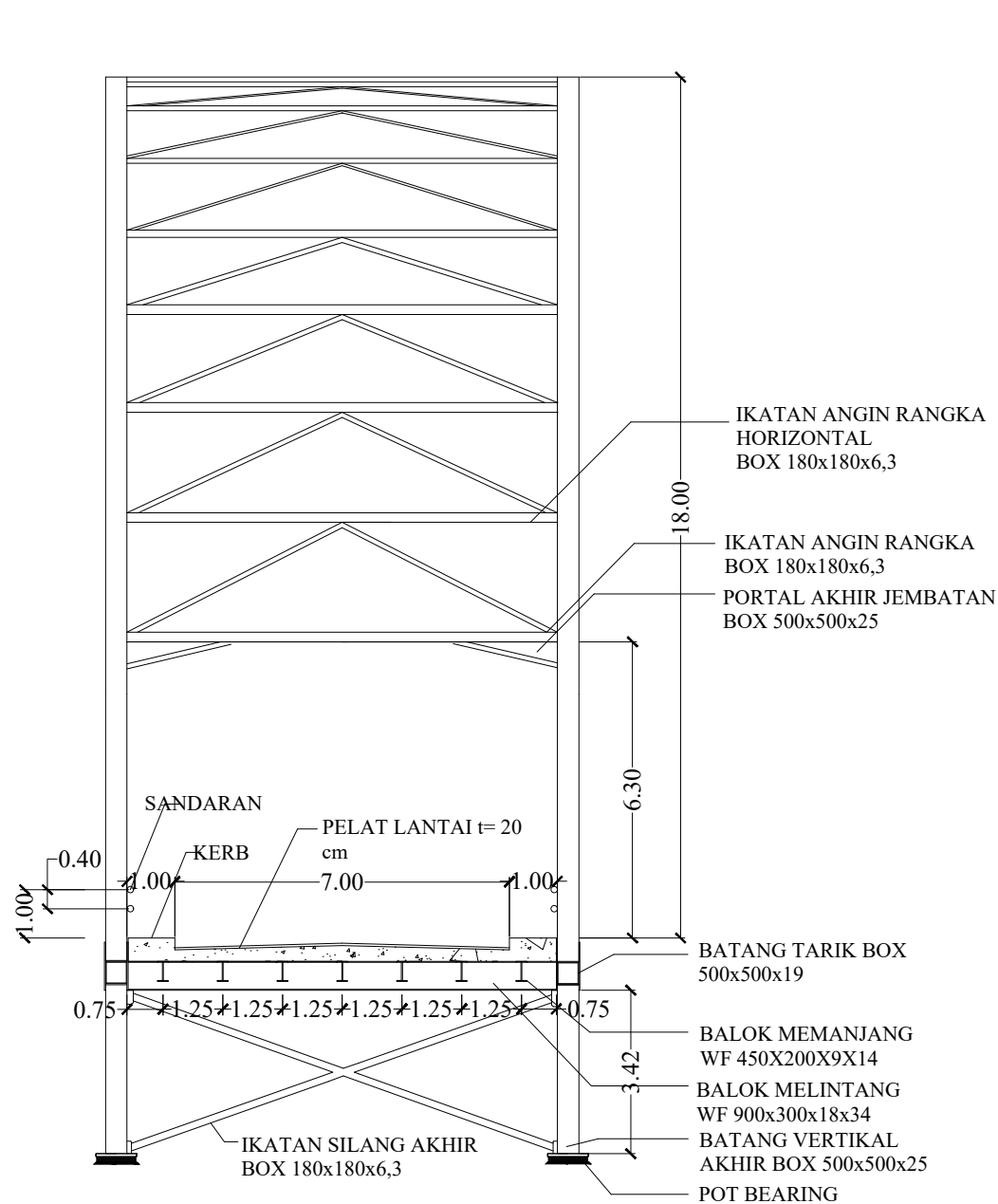


 **DENAH IKATAN ANGIN PADA BUSUR ATAS**  
SKALA 1:300



 **DENAH IKATAN ANGIN PADA BUSUR BAWAH**  
SKALA 1:300

 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSLK - ITS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA
	PERENCANAAN MODIFIKASI JEMBATAN KALI LEGI MENGUNAKAN BUSUR BAJA DENGAN LANTAI KENDARAAN DI TENGAH (A HALF THROUGH ARCH)	DENAH IKATAN ANGIN & LANTAI KENDARAAN JEMBATAN BUSUR 100 M	1 : 300	6	ENDAH WAHYUNI, ST, MSc, Ph.D NIP. 19700201 1995122 001	EMILIA NUR A.S NRP. 3116 105 046
				JMLH 22		



POTONGAN MELINTANG (IKATAN ANGIN BUSUR ATAS)  
SKALA 1:300

POTONGAN MELINTANG (IKATAN ANGIN BUSUR BAWAH)  
SKALA 1:300

POTONGAN MELINTANG (IKATAN ANGIN SILANG)  
SKALA 1:300



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI  
JEMBATAN KALI LEGI  
MENGUNAKAN BUSUR BAJA  
DENGAN LANTAI KENDARAAN DI  
TENGAH (A HALF THROUGH ARCH)

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
JEMBATAN SETELAH MODIFIKASI

SKALA

1 : 300

NO

7

JMLH

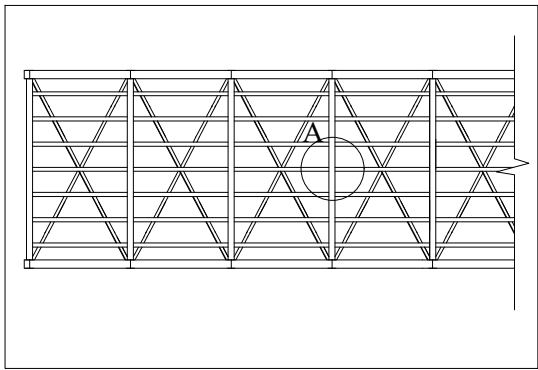
22

DOSEN PEMBIMBING

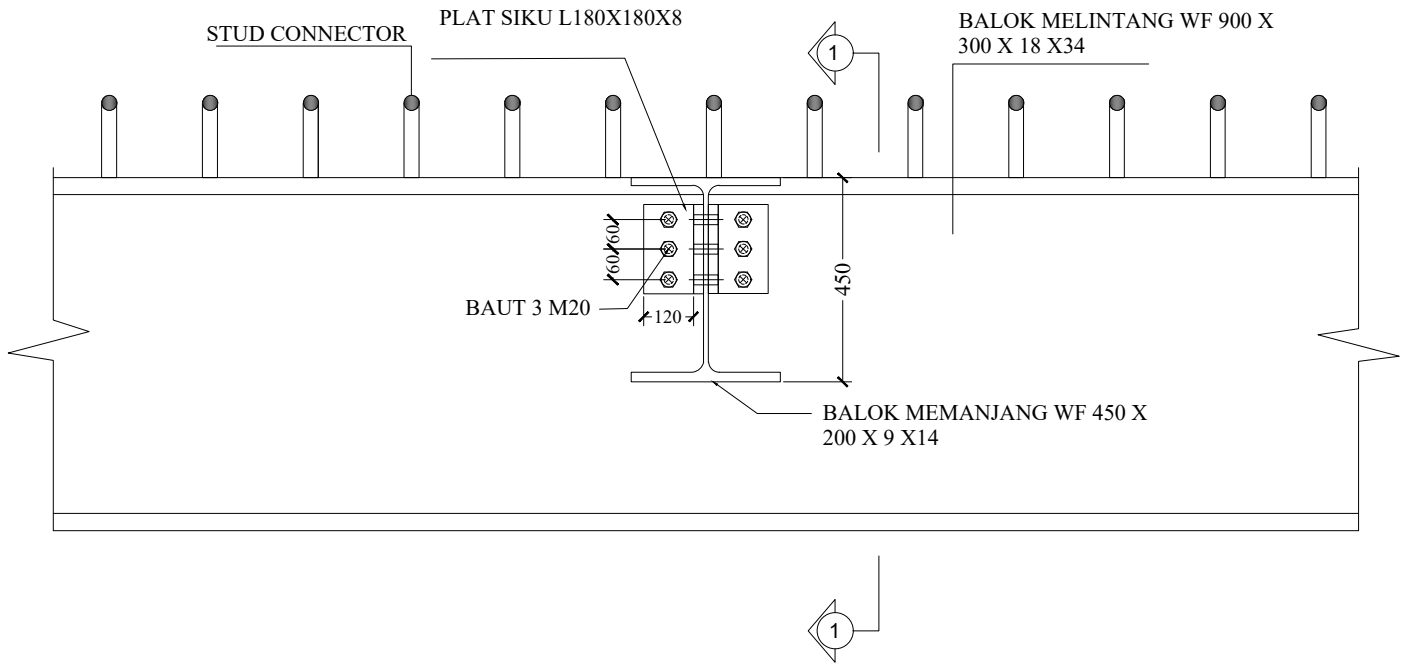
ENDAH WAHYUNI, ST, MSc, Ph.D  
NIP. 19700201 1995122 001

MAHASISWA

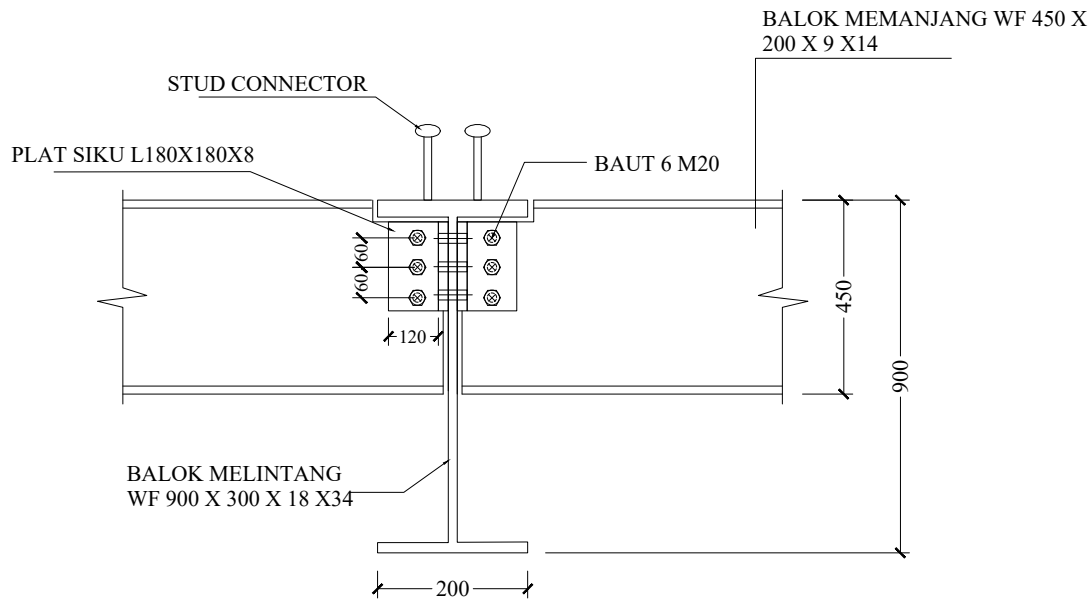
EMILIA NUR A.S  
NRP. 3116 105 046



 **POTONGAN 2-2**




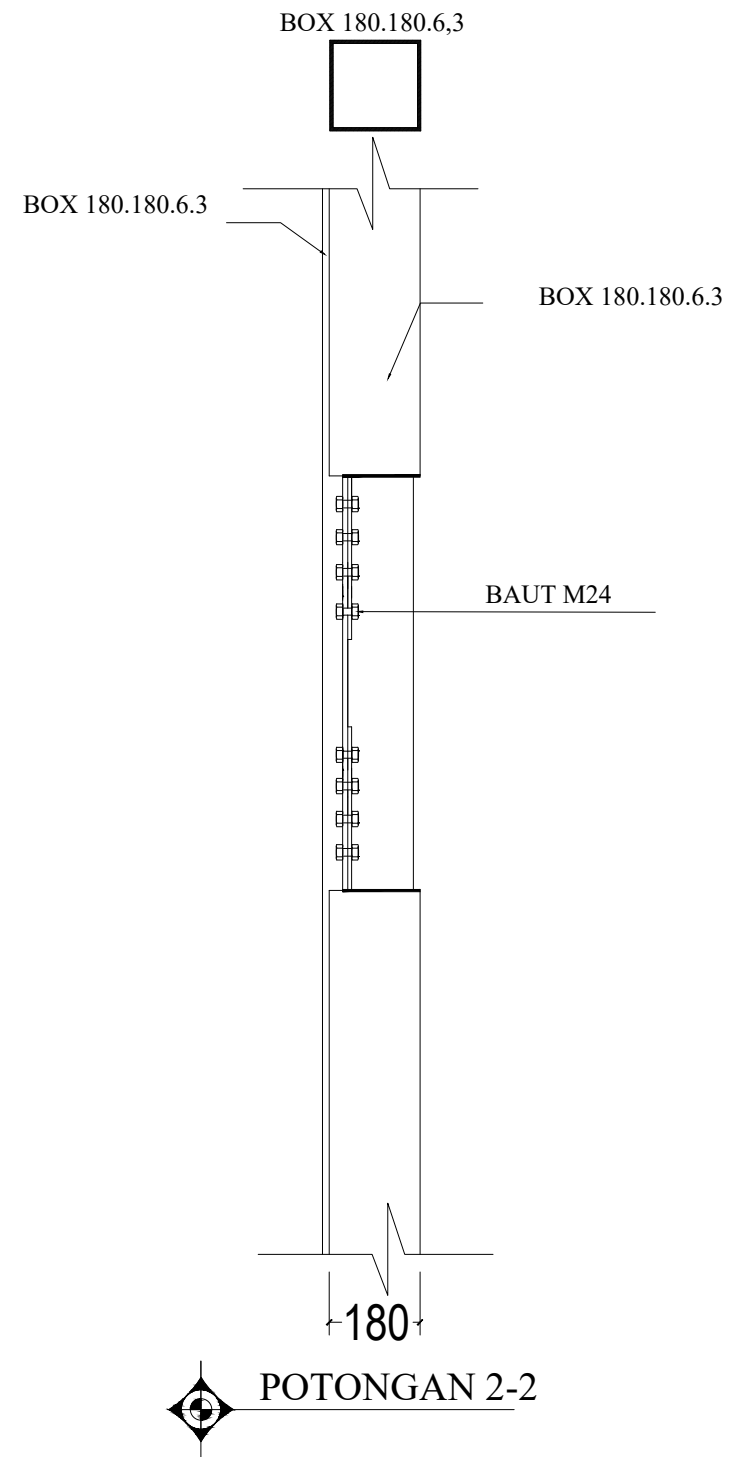
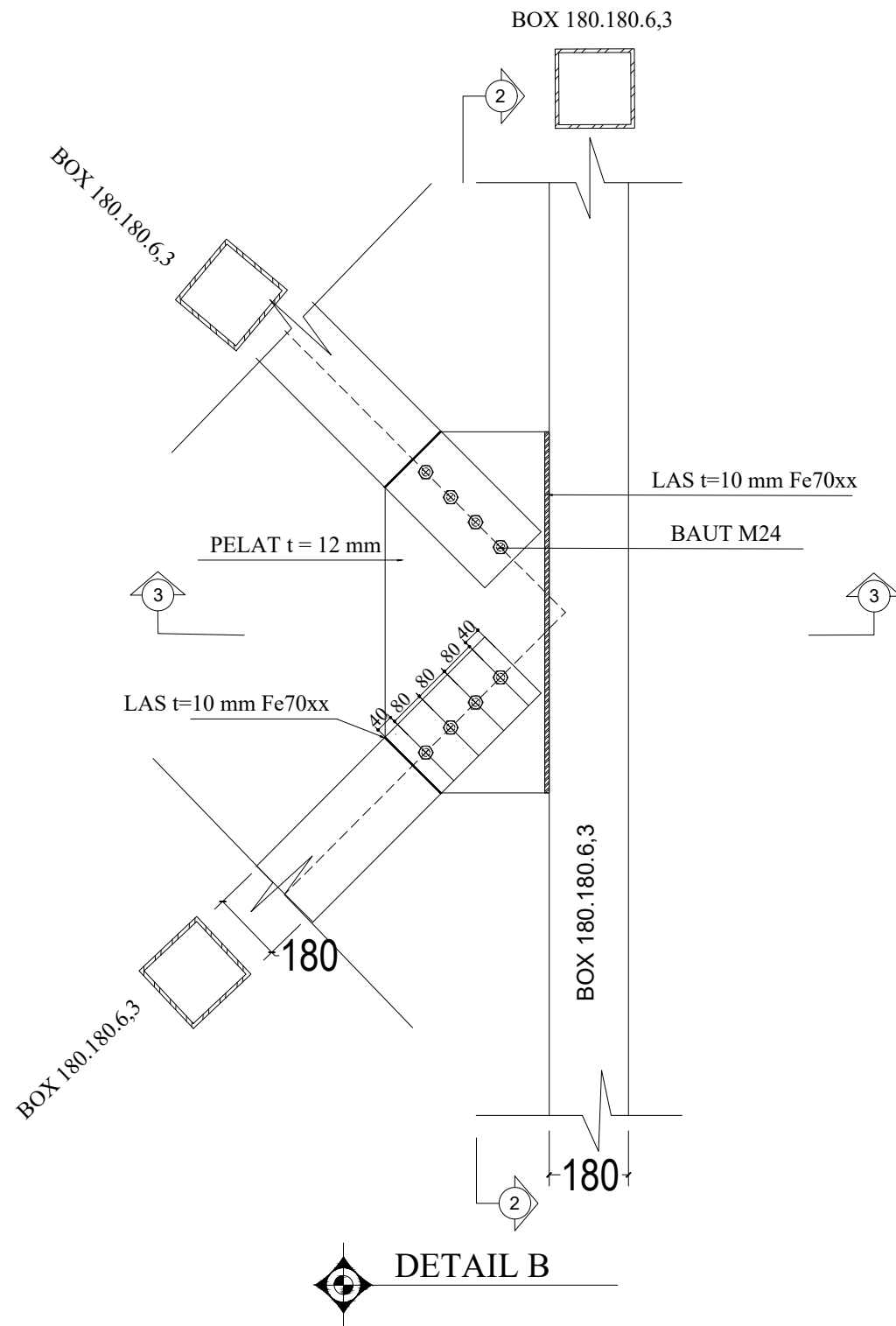
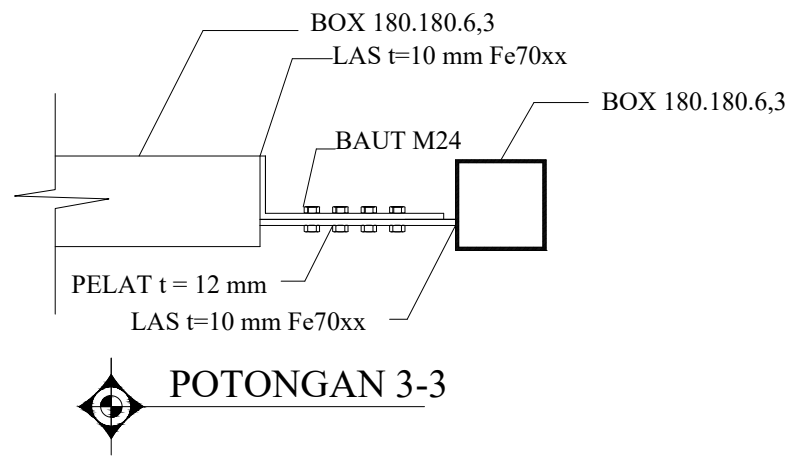
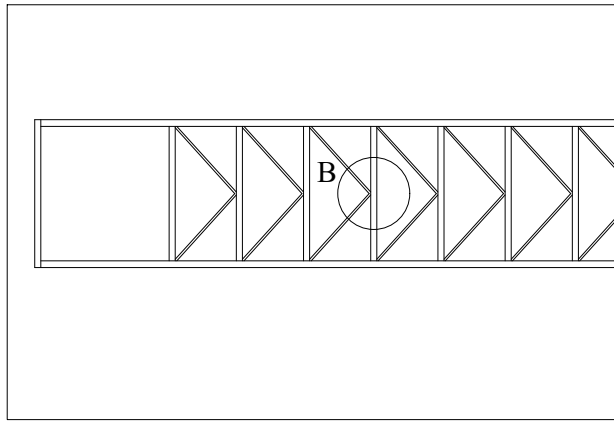
 **DETAIL A SAMBUNGAN BALOK MEMANJANG DAN MELINTANG**  
SKALA 1:150



 **POTONGAN 1-1**  
SKALA 1:150



	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA
	PERENCANAAN MODIFIKASI JEMBATAN KALI LEGI MENGUNAKAN BUSUR BAJA DENGAN LANTAI KENDARAAN DI TENGAH (A HALF THROUGH ARCH)	DETAIL A SAMBUNGAN BALOK MEMANJANG DAN MELINTANG	1 : 150	8	ENDAH WAHYUNI, ST, MSc, Ph.D NIP. 19700201 1995122 001	EMILIA NUR A.S NRP. 3116 105 046
				JMLH		
				22		



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI  
JEMBATAN KALI LEGI  
MENGUNAKAN BUSUR BAJA  
DENGAN LANTAI KENDARAAN DI  
TENGAH (A HALF THROUGH ARCH)

JUDUL GAMBAR

SAMBUNGAN IKATAN ANGIN ATAS

SKALA

1 : 150

NO

9

JMLH

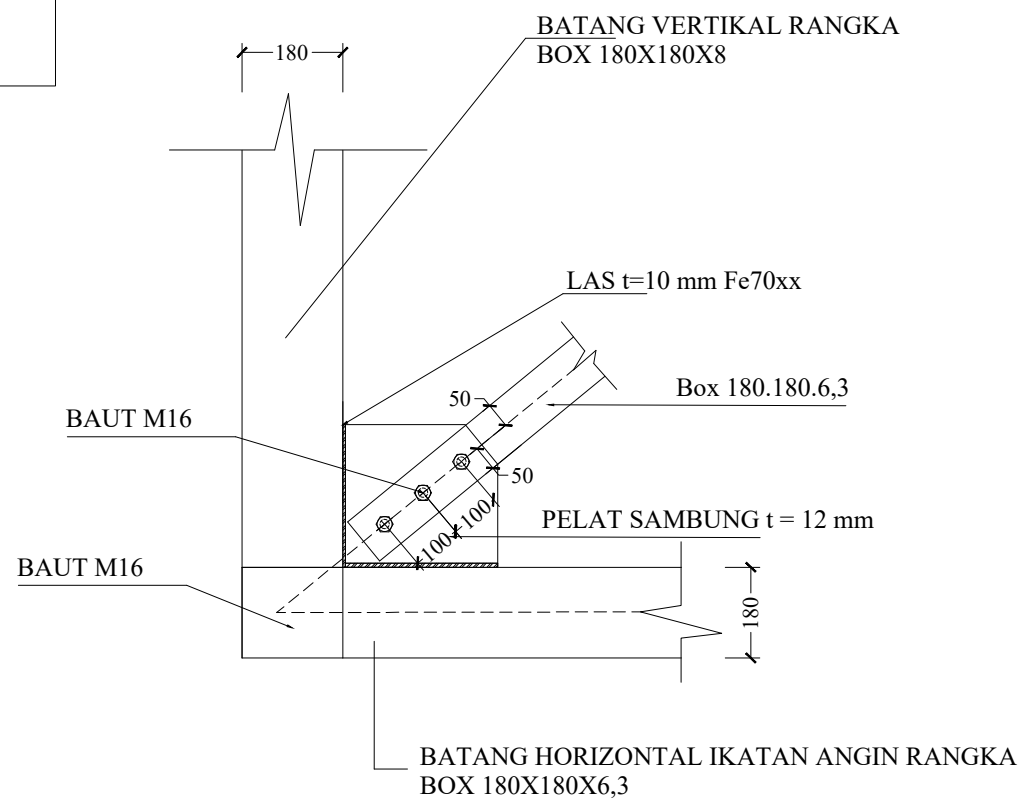
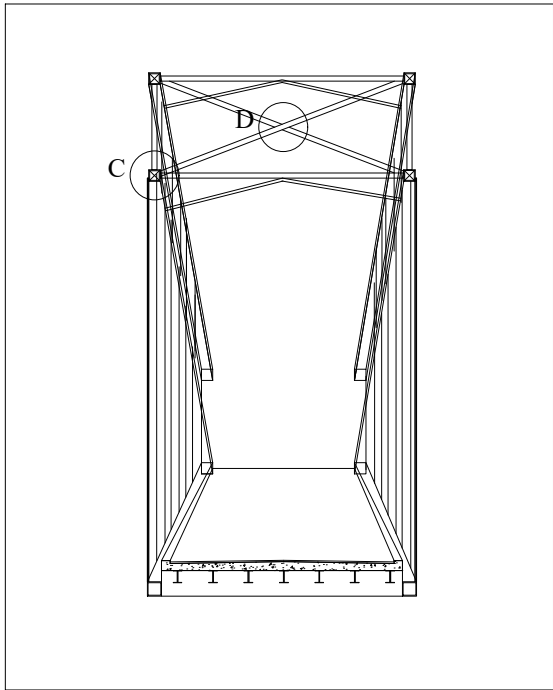
22

DOSEN PEMBIMBING

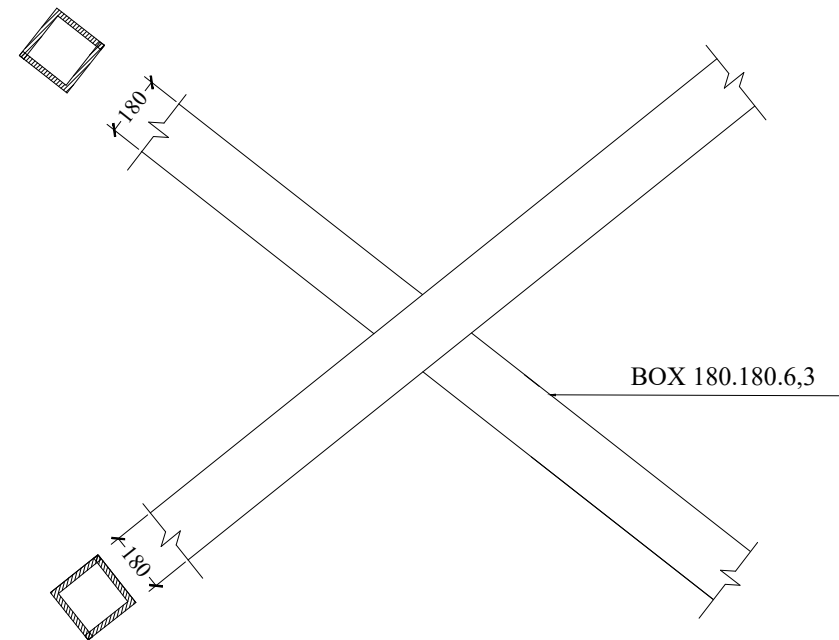
ENDAH WAHYUNI, ST, MSc, Ph.D  
NIP. 19700201 1995122 001

MAHASISWA

EMILIA NUR A.S  
NRP. 3116 105 046



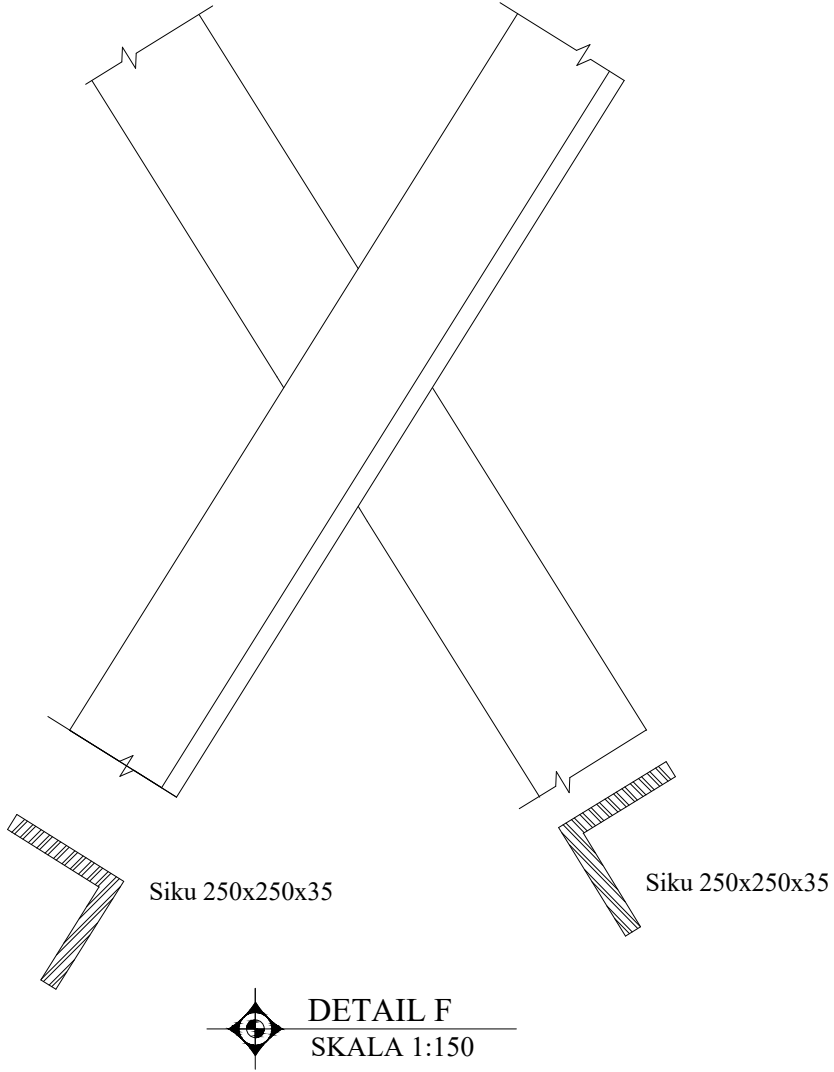
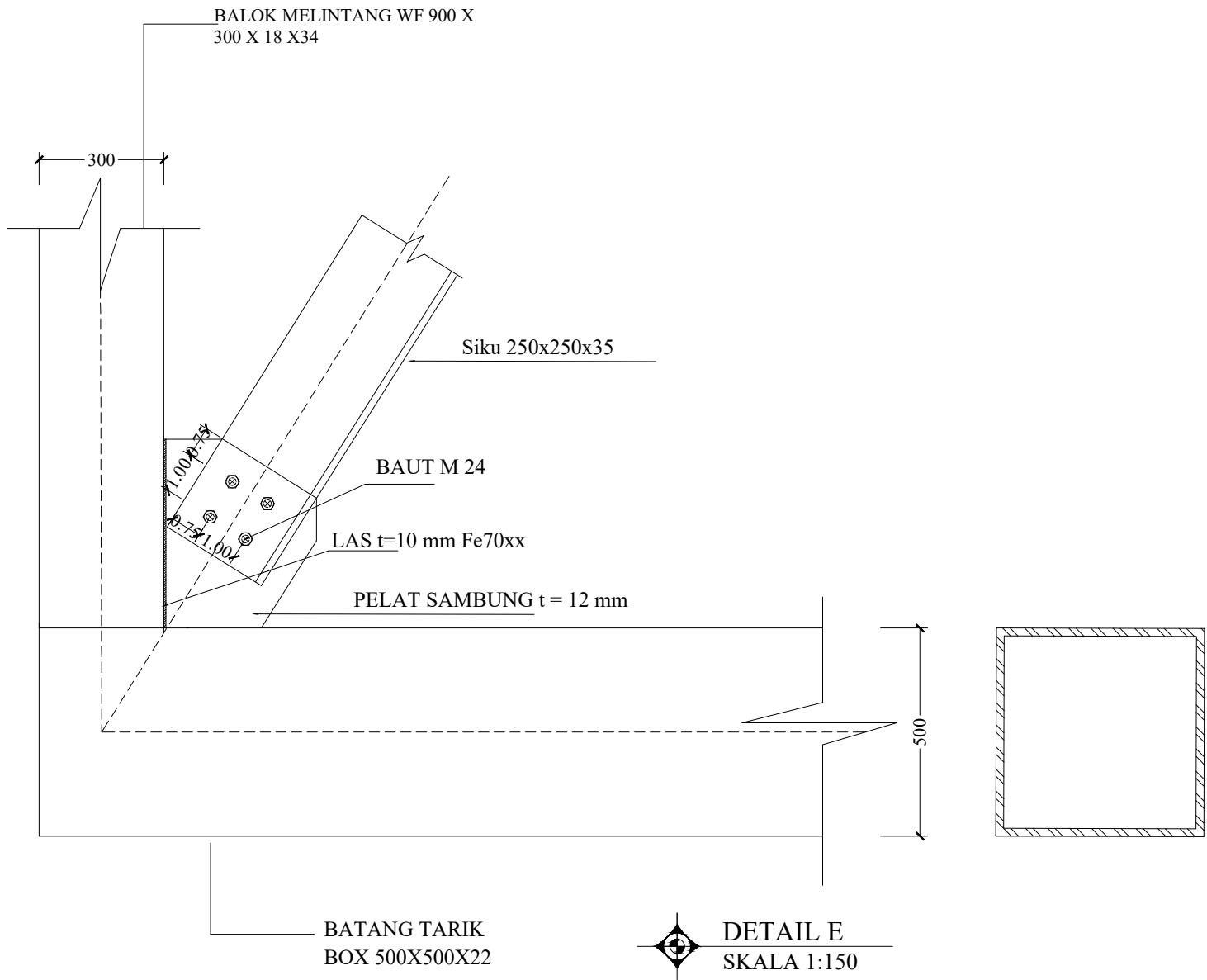
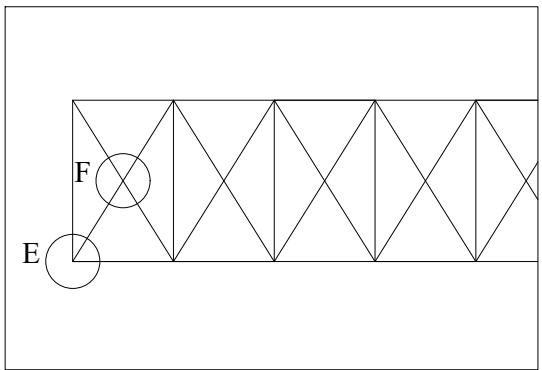
DETAIL C SAMBUNGAN IKATAN ATAS  
SKALA 1:150




DETAIL D SAMBUNGAN IKATAN ATAS  
SKALA 1:150

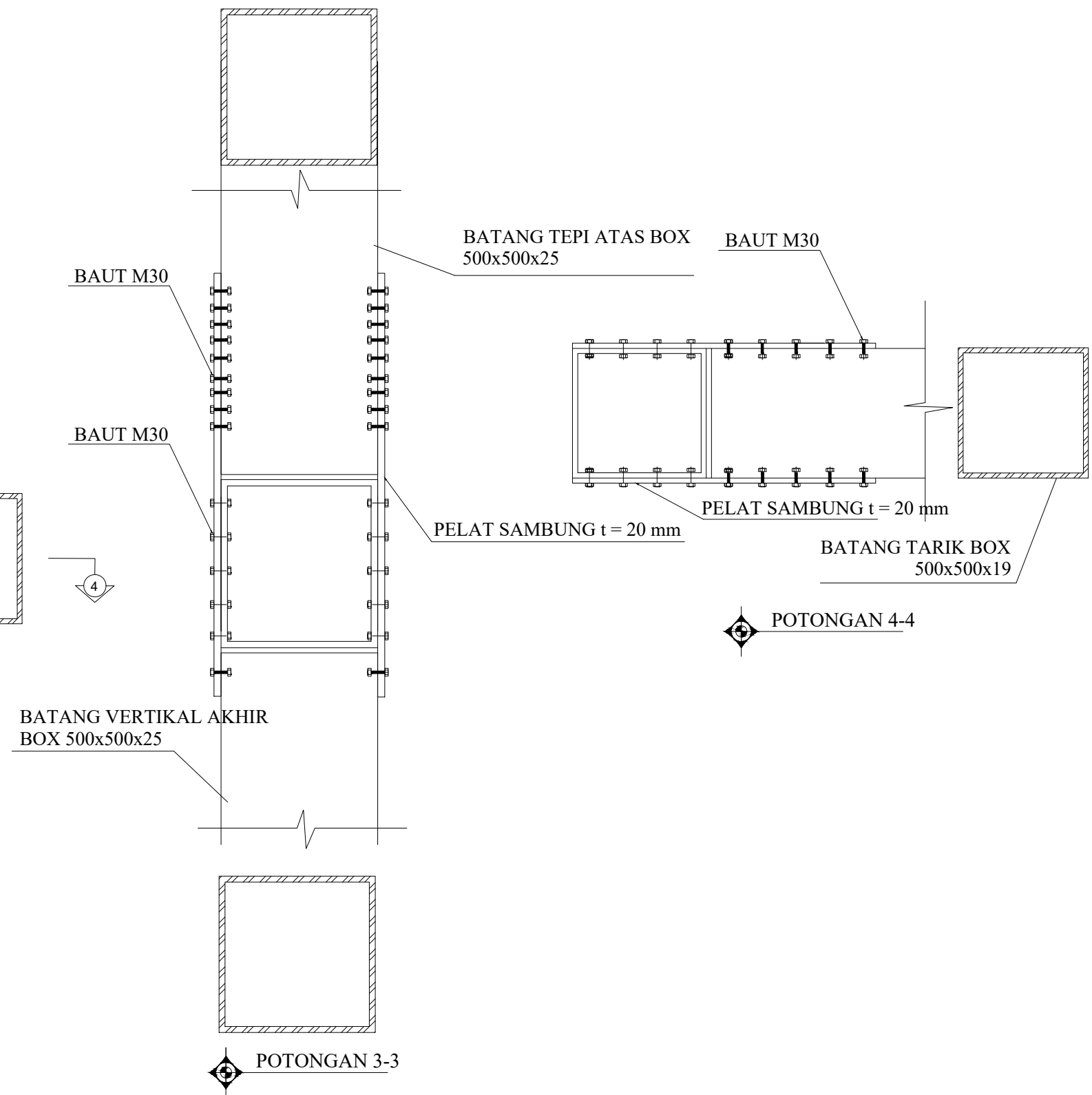
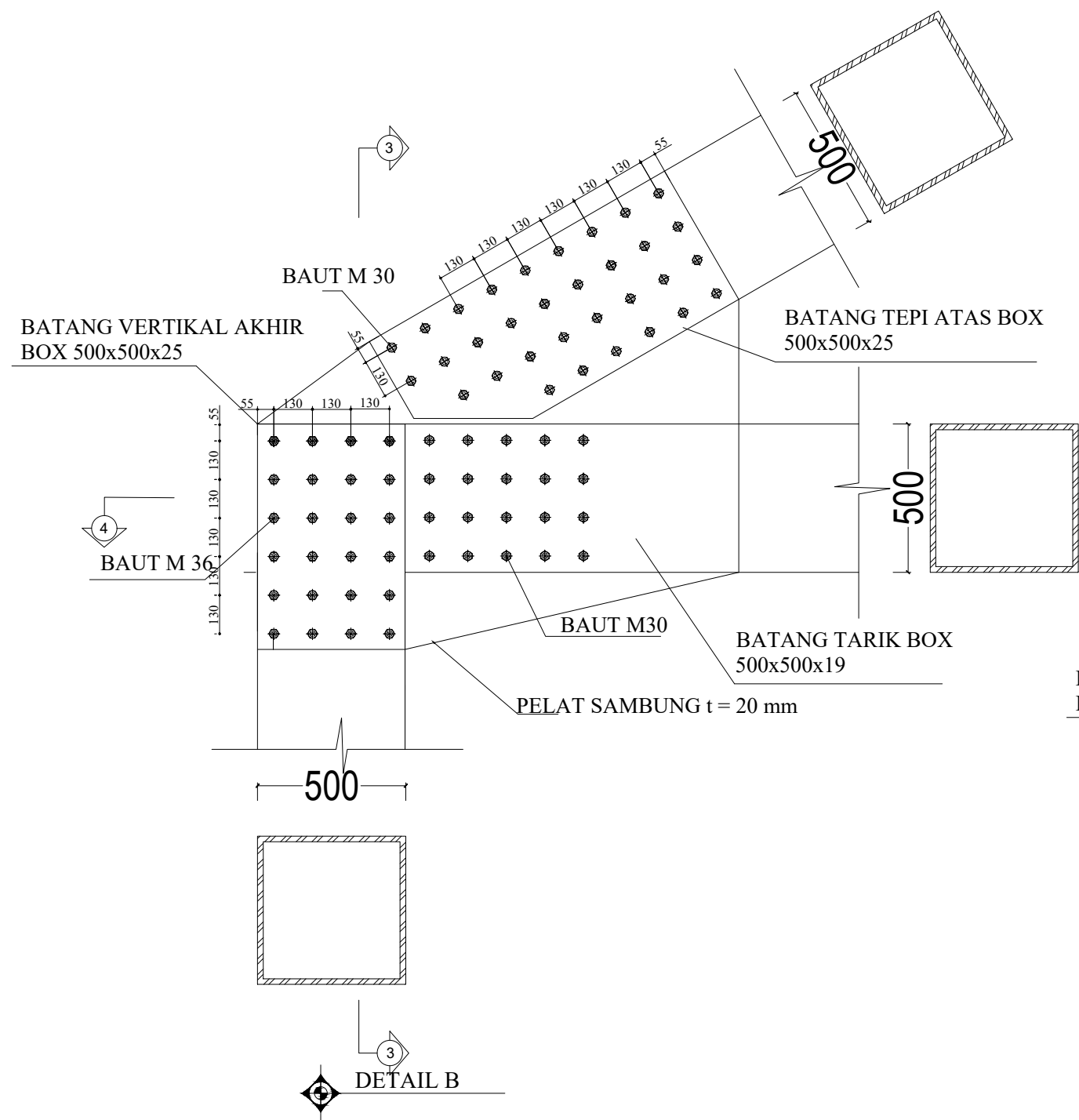
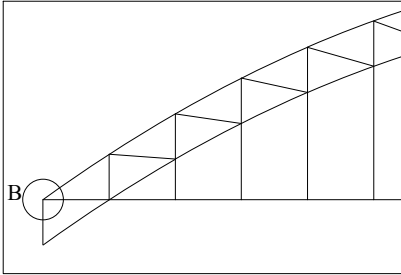


JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA
	SAMBUNGAN IKATAN ANGIN ATAS	1 : 150	10		
			JMLH		
PERENCANAAN MODIFIKASI JEMBATAN KALI LEGI MENGGUNAKAN BUSUR BAJA DENGAN LANTAI KENDARAAN DI TENGAH (A HALF THROUGH ARCH)			22	ENDAH WAHYUNI, ST, MSc, Ph.D NIP. 19700201 1995122 001	EMILIA NUR A.S NRP. 3116 105 046



 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSLK - ITS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA
	PERENCANAAN MODIFIKASI JEMBATAN KALI LEGI MENGUNAKAN BUSUR BAJA DENGAN LANTAI KENDARAAN DI TENGAH (A HALF THROUGH ARCH)	SAMBUNGAN IKATAN ANGIN BAWAH	1 : 150	11	ENDAH WAHYUNI, ST, MSc, Ph.D NIP. 19700201 1995122 001	EMILIA NUR A.S NRP. 3116 105 046
				JMLH		
				22		

JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA
PERENCANAAN MODIFIKASI JEMBATAN KALI LEGI MENGUNAKAN BUSUR BAJA DENGAN LANTAI KENDARAAN DI TENGAH (A HALF THROUGH ARCH)	SAMBUNGAN RANGKA UTAMA	1 : 200	12	ENDAH WAHYUNI, ST, MSc, Ph.D NIP. 19700201 1995122 001	EMILIA NUR A.S NRP. 3116 105 046
			JMLH		
			22		



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI  
JEMBATAN KALI LEGI  
MENGUNAKAN BUSUR BAJA  
DENGAN LANTAI KENDARAAN DI  
TENGAH (A HALF THROUGH ARCH)

JUDUL GAMBAR

SAMBUNGAN RANGKA UTAMA

SKALA

1 : 200

NO

13

JMLH

22

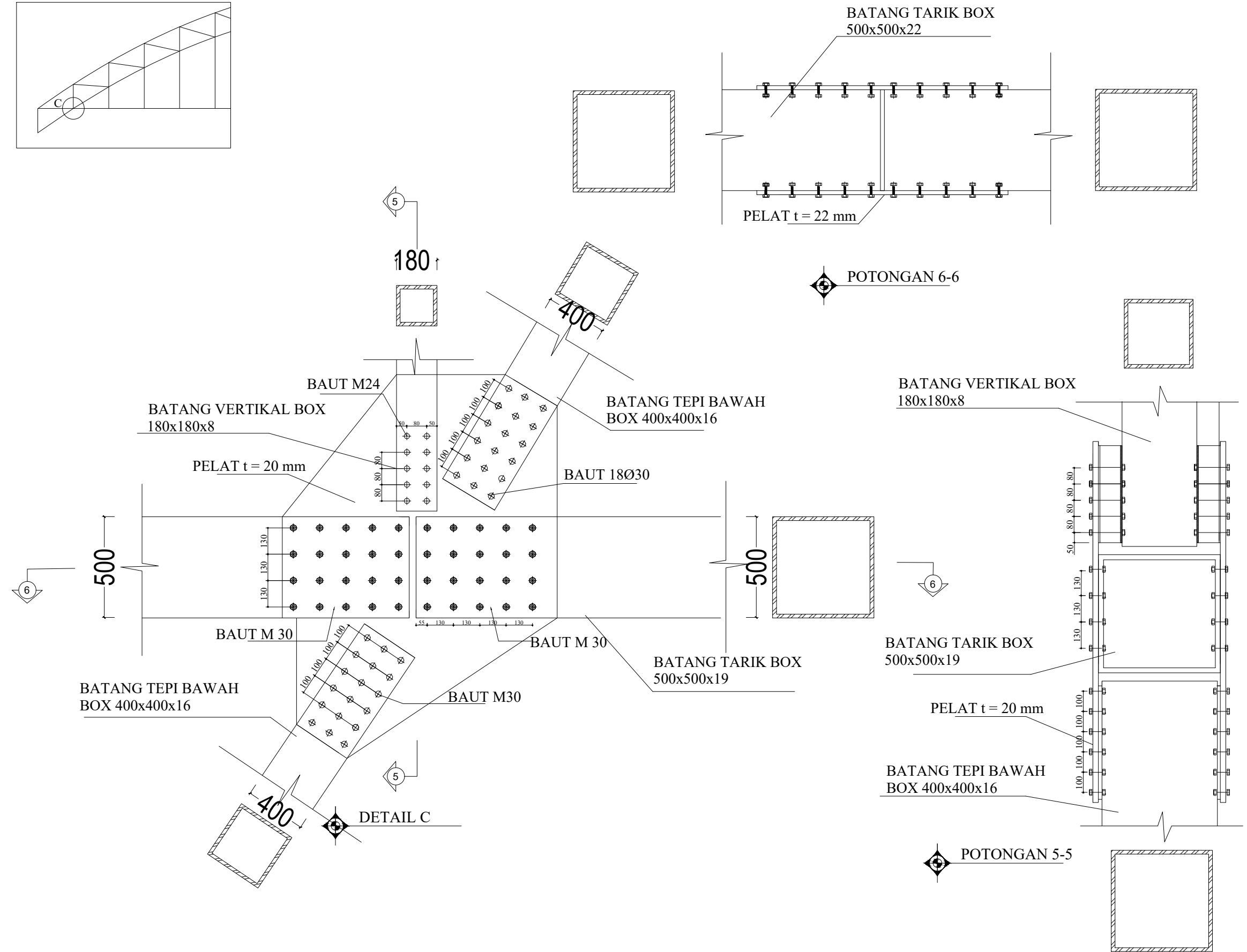
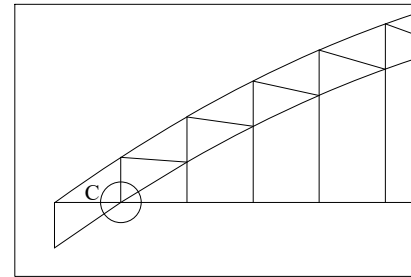
DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST, MSc, Ph.D  
NIP. 19700201 1995122 001

MAHASISWA

EMILIA NUR A.S  
NRP. 3116 105 046





JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI  
JEMBATAN KALI LEGI  
MENGUNAKAN BUSUR BAJA  
DENGAN LANTAI KENDARAAN DI  
TENGAH (A HALF THROUGH ARCH)

JUDUL GAMBAR

SAMBUNGAN RANGKA UTAMA

SKALA

1 : 200

NO

14

JMLH

22

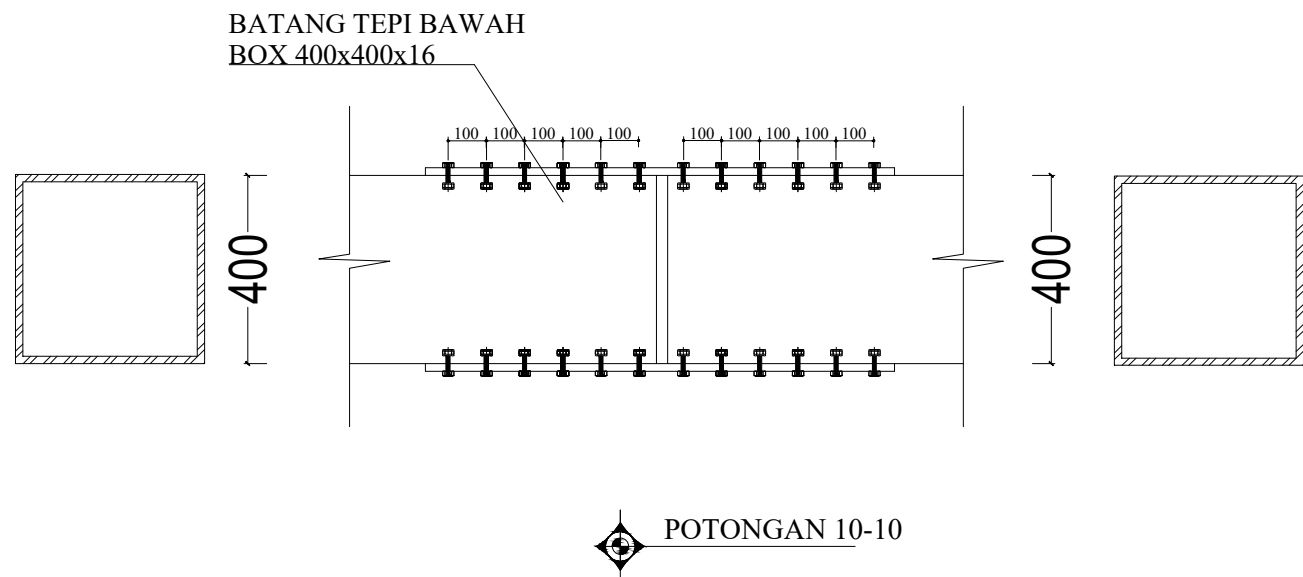
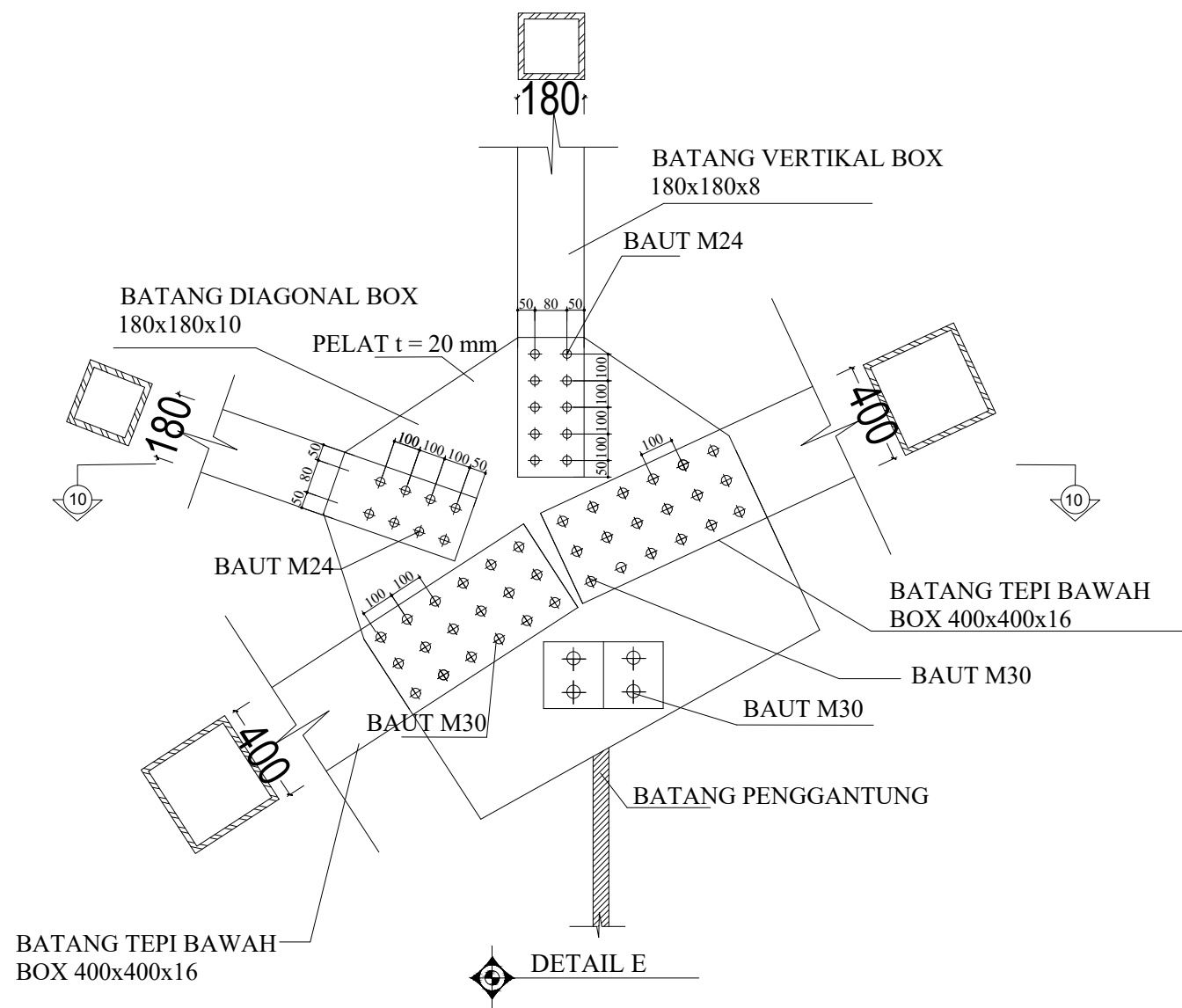
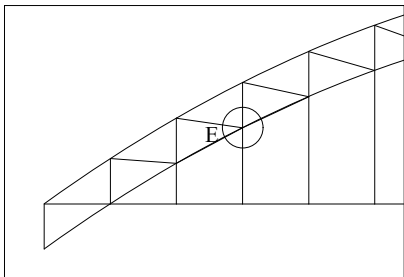
DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST, MSc, Ph.D  
NIP. 19700201 1995122 001

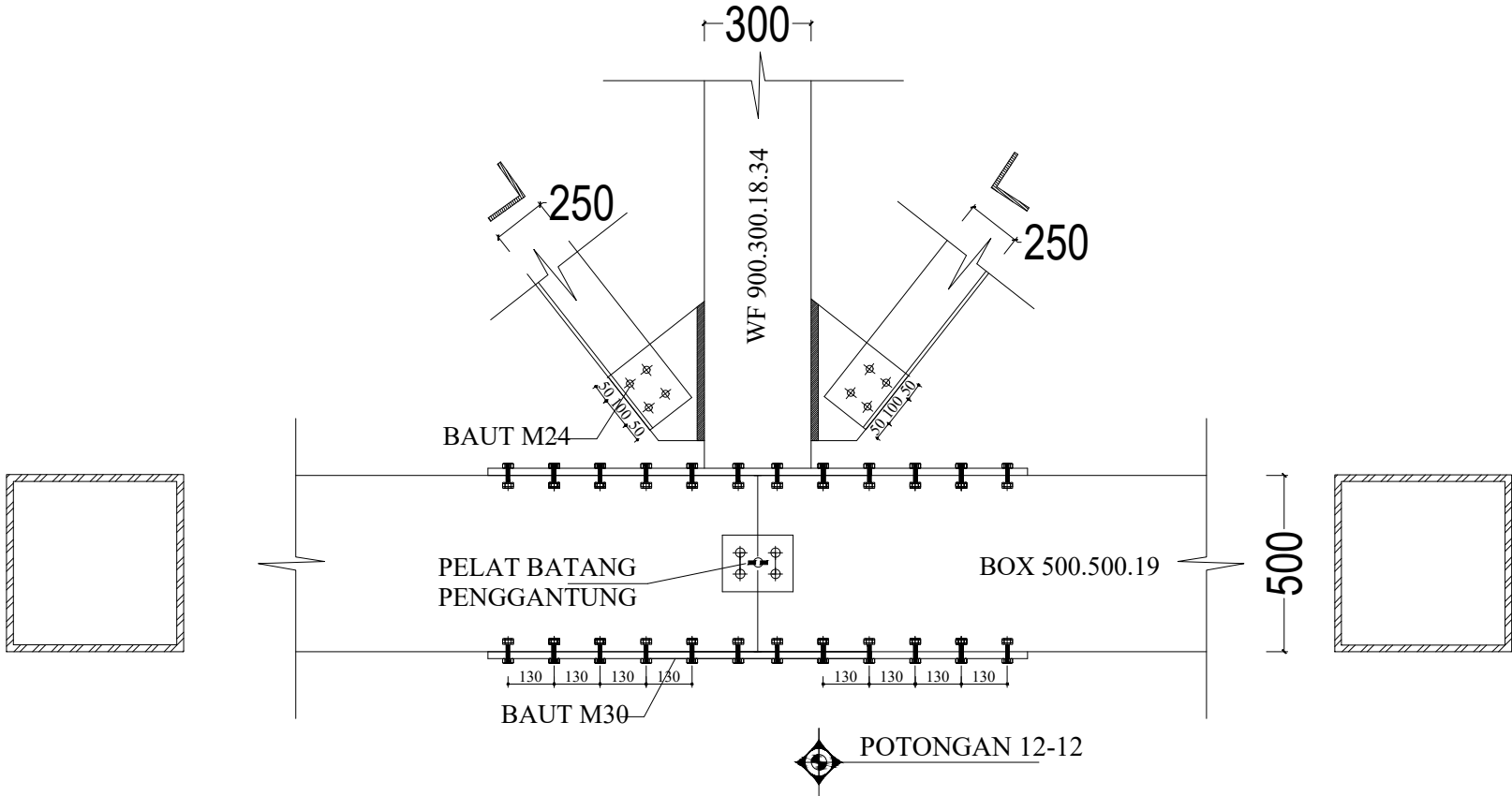
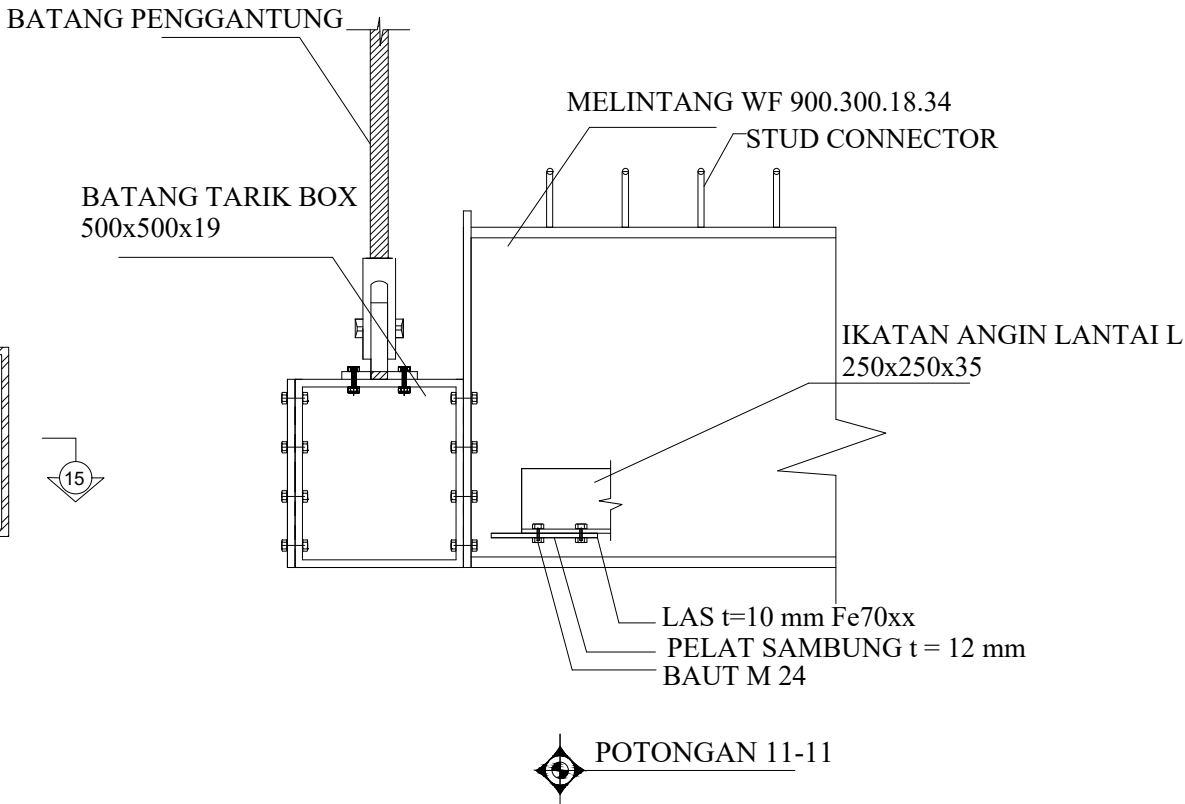
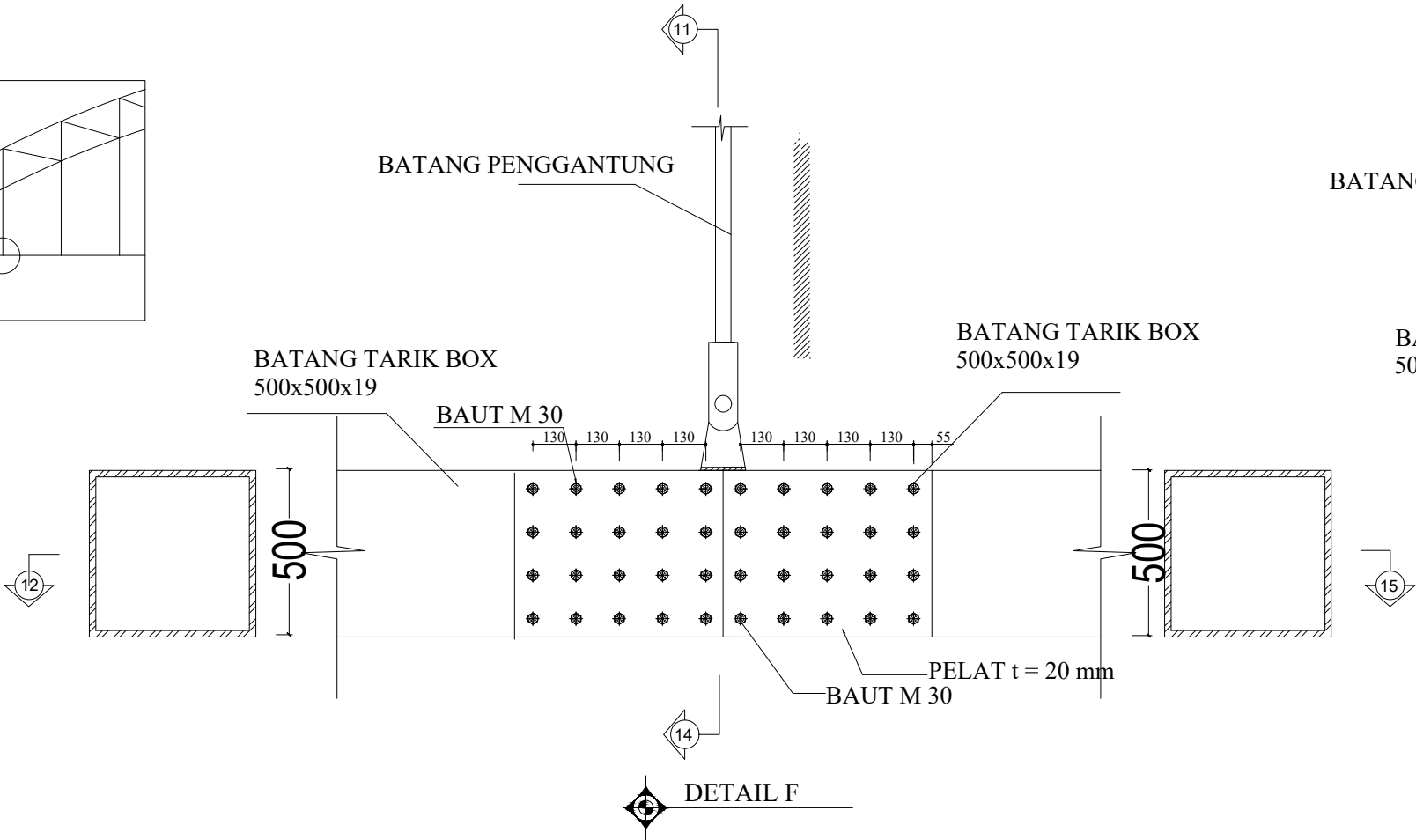
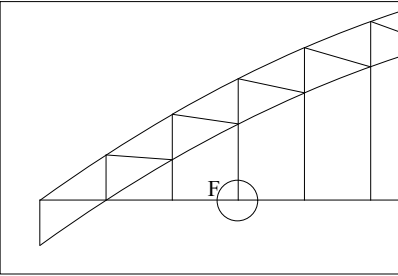
MAHASISWA

EMILIA NUR A.S  
NRP. 3116 105 046





JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA
			16		
			JMLH		
PERENCANAAN MODIFIKASI JEMBATAN KALI LEGI MENGGUNAKAN BUSUR BAJA DENGAN LANTAI KENDARAAN DI TENGAH (A HALF THROUGH ARCH)	SAMBUNGAN RANGKA UTAMA	1 : 200	22	ENDAH WAHYUNI, ST, MSc, Ph.D NIP. 19700201 1995122 001	EMILIA NUR A.S NRP. 3116 105 046



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI  
JEMBATAN KALI LEGI  
MENGUNAKAN BUSUR BAJA  
DENGAN LANTAI KENDARAAN DI  
TENGAH (A HALF THROUGH ARCH)

JUDUL GAMBAR

SAMBUNGAN RANGKA UTAMA

SKALA

1 : 200

NO

17

JMLH

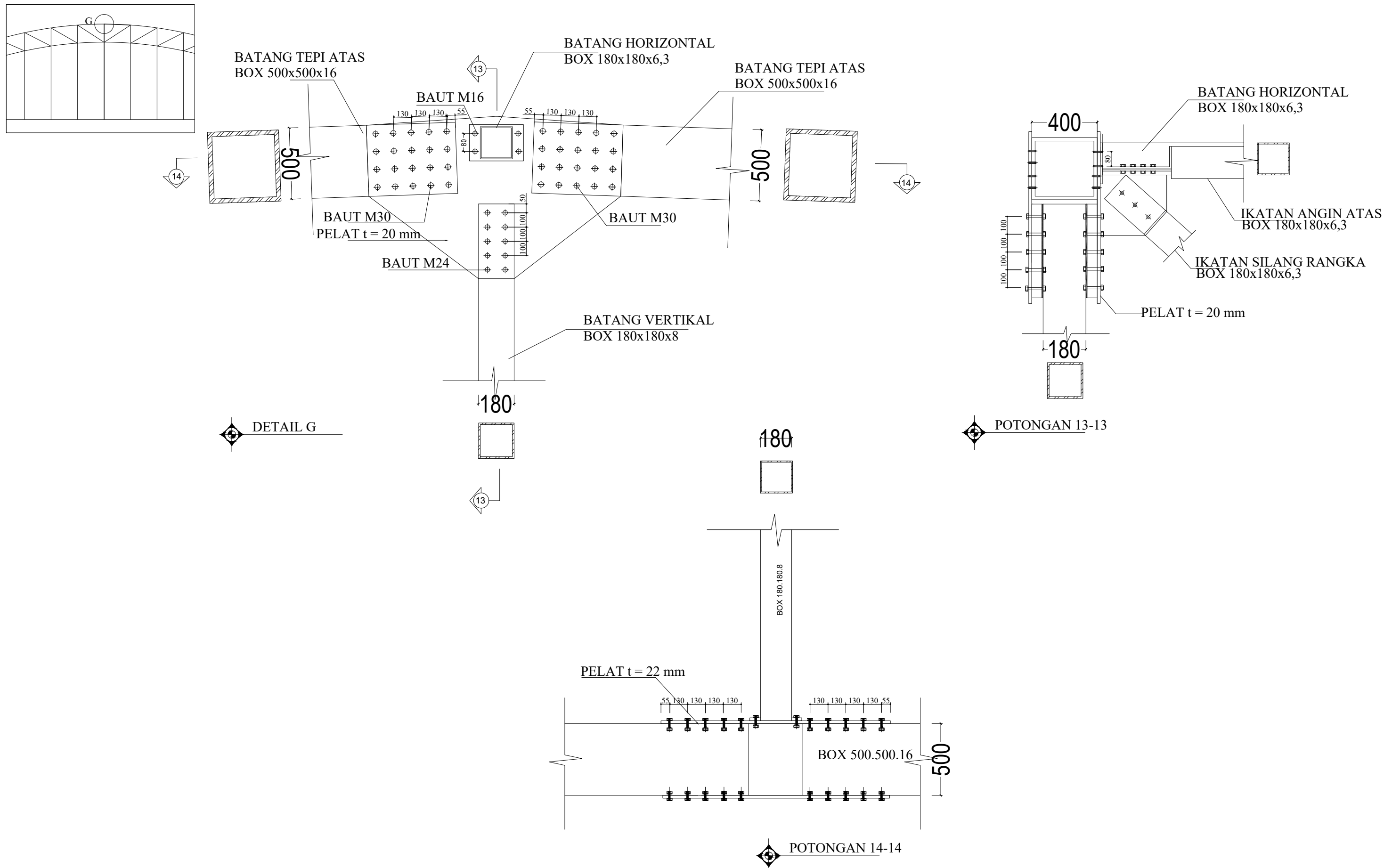
22

DOSEN PEMBIMBING

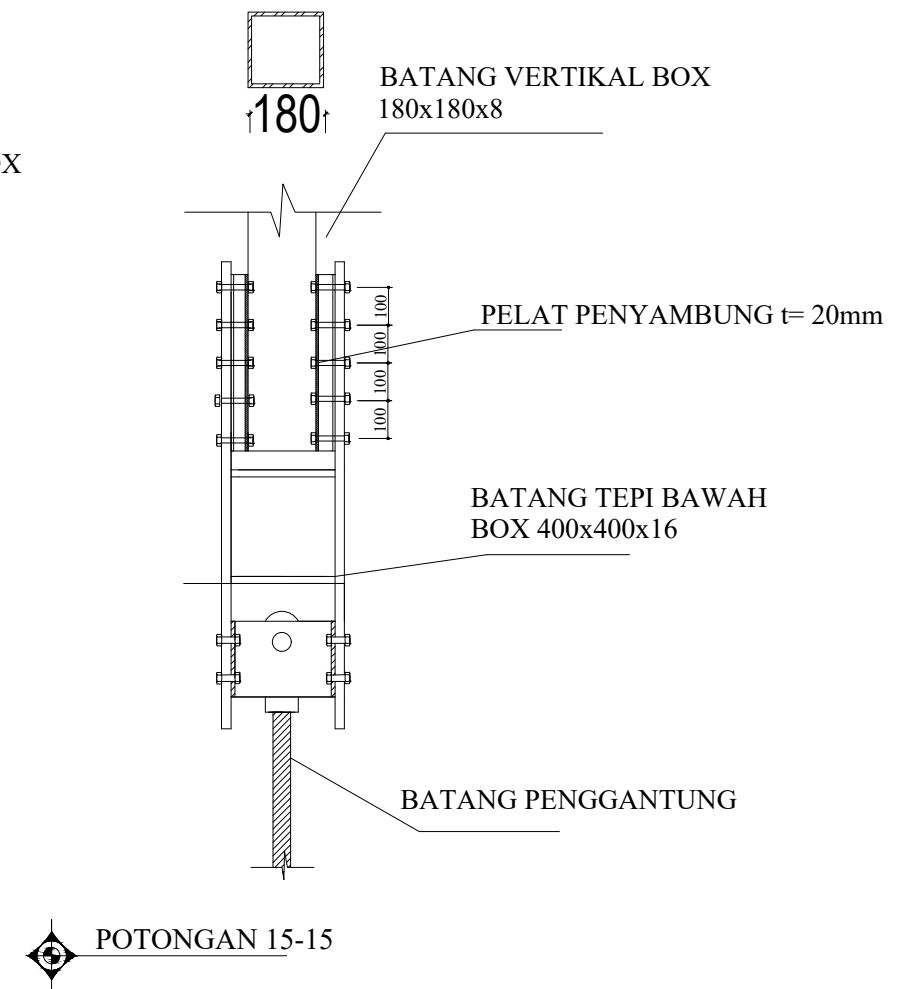
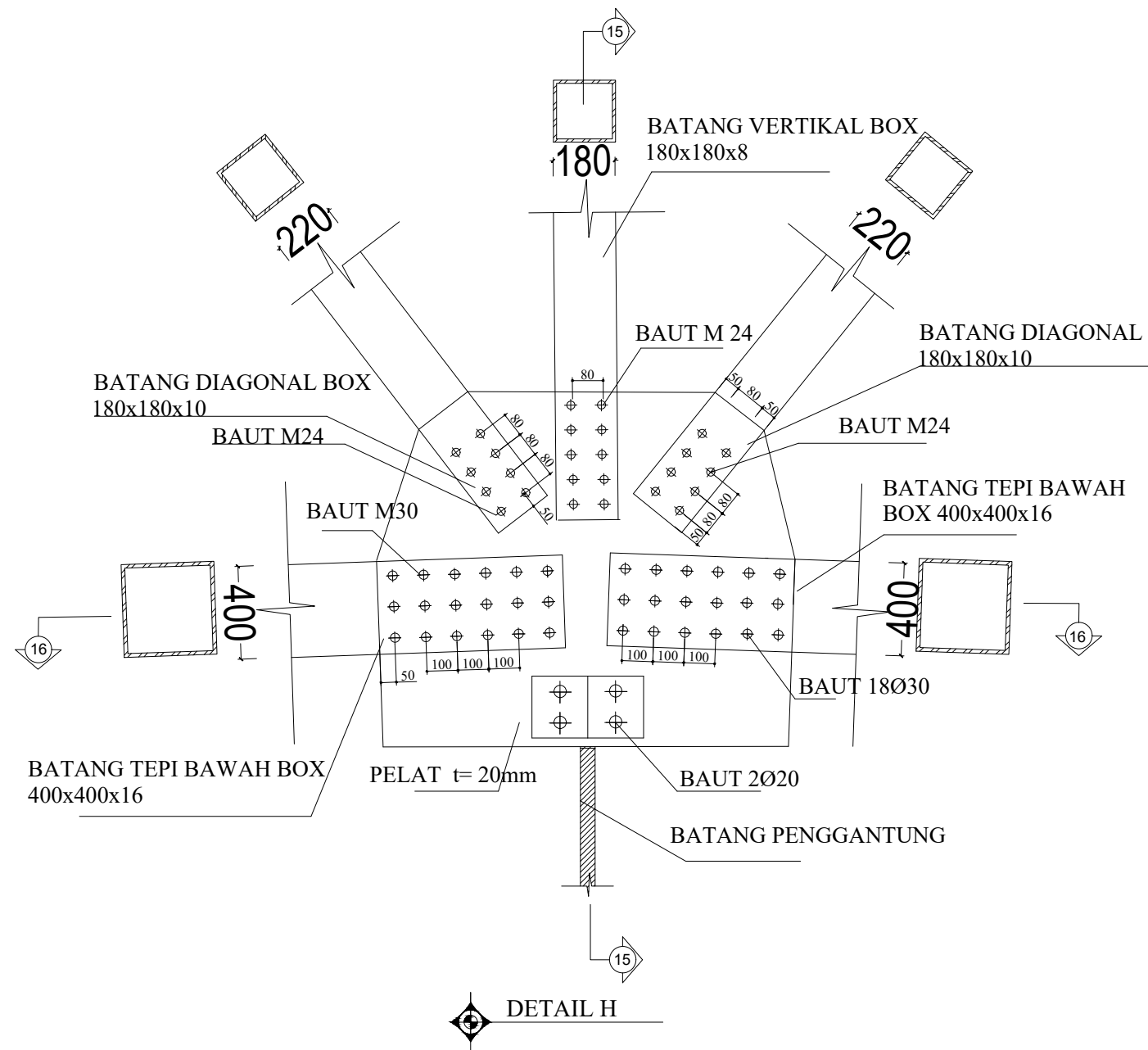
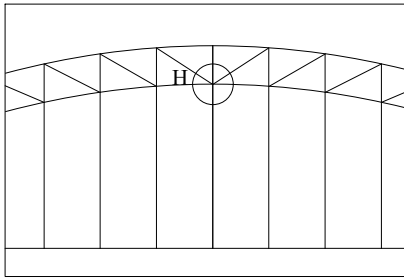
ENDAH WAHYUNI, ST, MSc, Ph.D  
NIP. 19700201 1995122 001

MAHASISWA

EMILIA NUR A.S  
NRP. 3116 105 046



JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA
PERENCANAAN MODIFIKASI JEMBATAN KALI LEGI MENGUNAKAN BUSUR BAJA DENGAN LANTAI KENDARAAN DI TENGAH (A HALF THROUGH ARCH)	SAMBUNGAN RANGKA UTAMA	1 : 200	18	ENDAH WAHYUNI, ST, MSc, Ph.D NIP. 19700201 1995122 001	EMILIA NUR A.S NRP. 3116 105 046
			JMLH		
			22		



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI  
JEMBATAN KALI LEGI  
MENGUNAKAN BUSUR BAJA  
DENGAN LANTAI KENDARAAN DI  
TENGAH (A HALF THROUGH ARCH)

JUDUL GAMBAR

SAMBUNGAN RANGKA UTAMA

SKALA

1 : 200

NO

19

JMLH

22

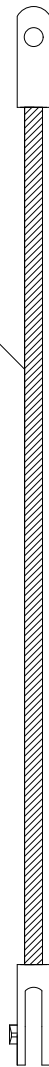
DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST, MSc, Ph.D  
NIP. 19700201 1995122 001

MAHASISWA

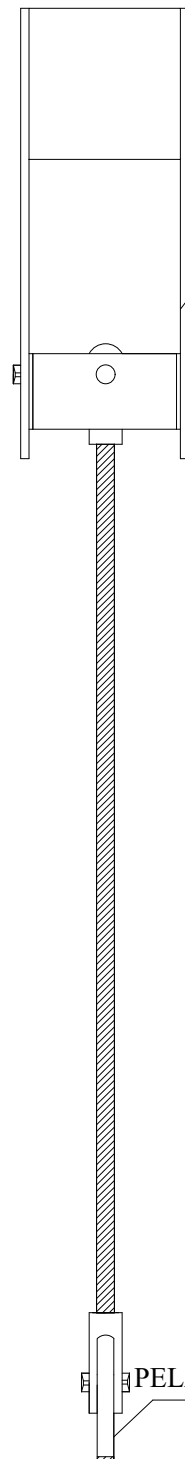
EMILIA NUR A.S  
NRP. 3116 105 046

BATANG PENGGANTUNG  
DWIDAG 47 mm



 BATANG PENGGANTUNG JEMBATAN

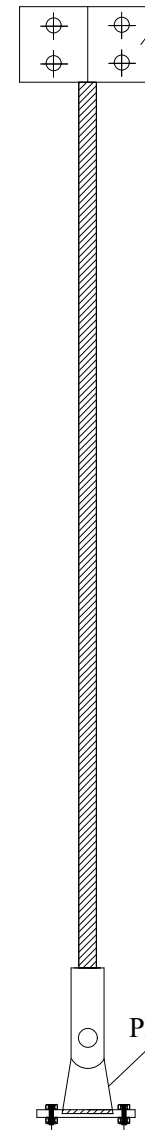
PELAT



PELAT BATANG PENYAMBUNG

 TAMPAK MELINTANG BATANG  
PENGGANTUNG

PELAT PENYAMBUNG t = 12 mm



PELAT PENYAMBUNG

 TAMPAK MEMANJANG BATANG  
PENGGANTUNG



JUDUL TUGAS AKHIR  
PERENCANAAN MODIFIKASI  
JEMBATAN KALI LEGI  
MENGUNAKAN BUSUR BAJA  
DENGAN LANTAI KENDARAAN DI  
TENGAH (A HALF THROUGH ARCH)

JUDUL GAMBAR  
SAMBUNGAN RANGKA UTAMA

SKALA  
1 : 200

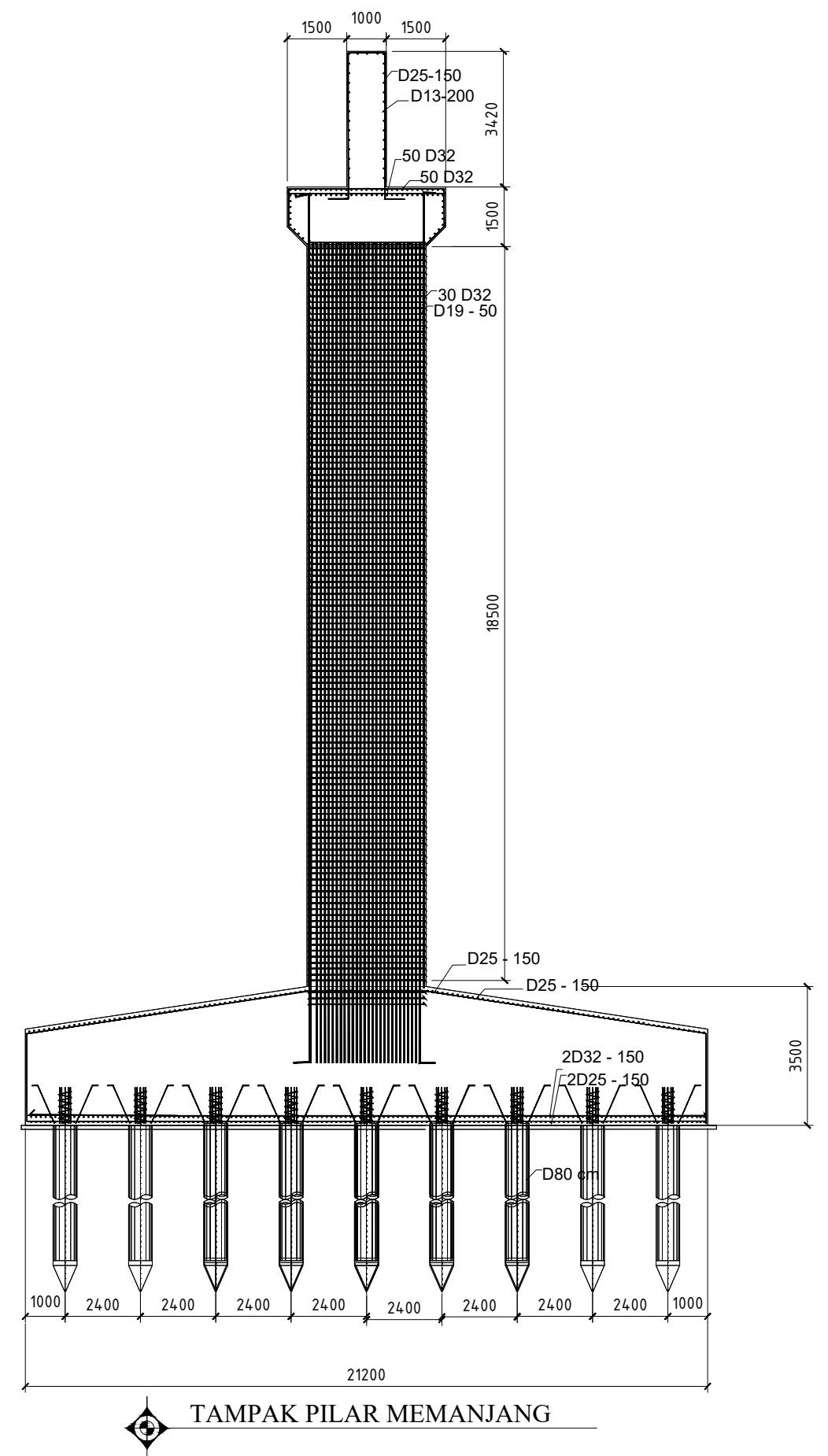
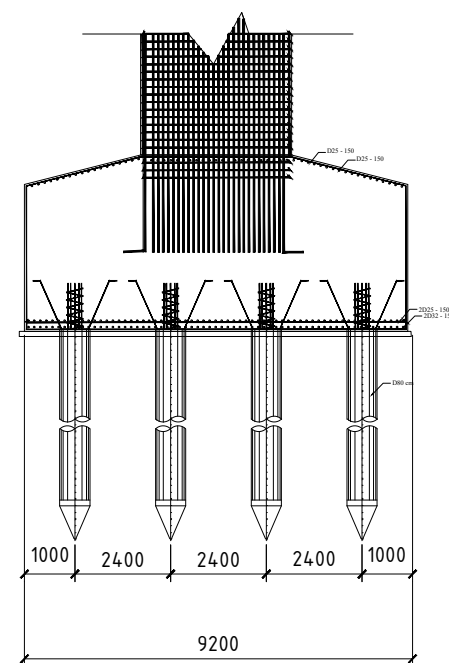
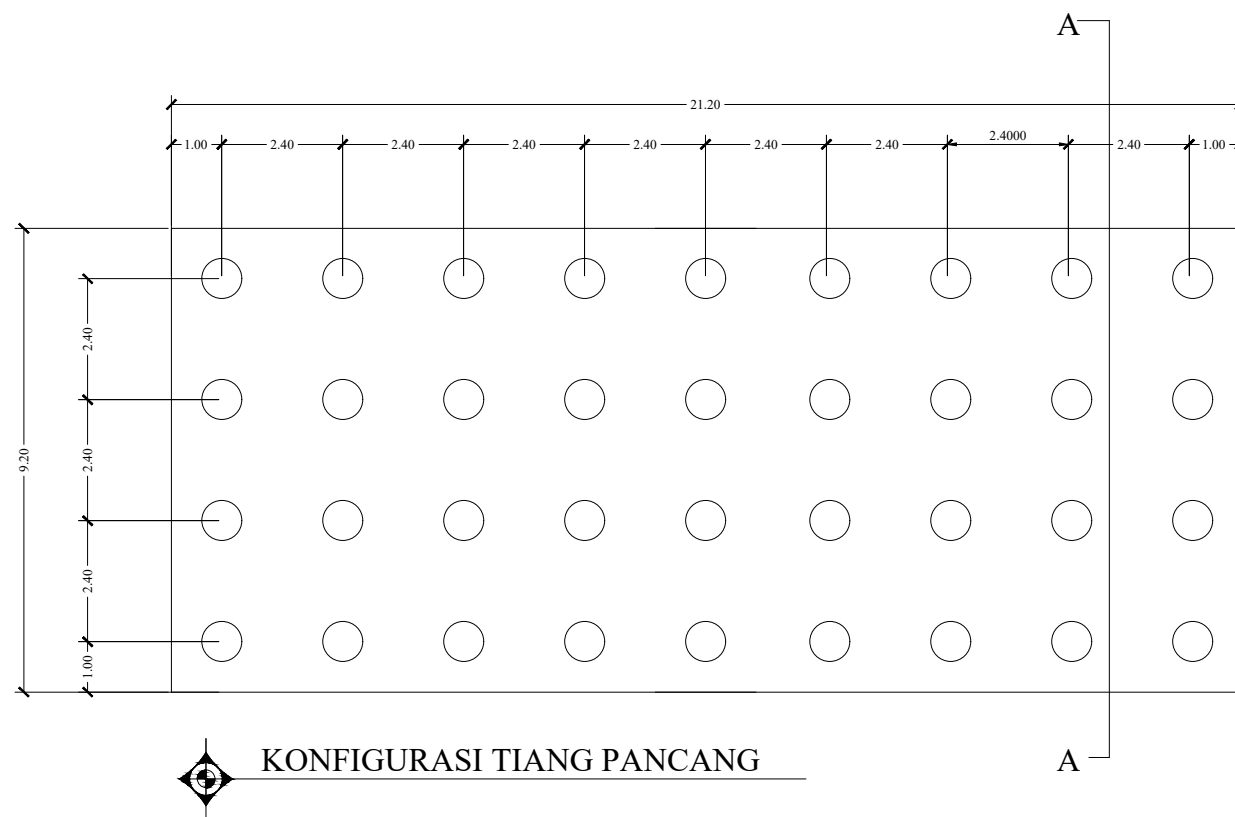
NO  
20  
JMLH  
22

DOSEN PEMBIMBING  
ENDAH WAHYUNI, ST, MSc, Ph.D  
NIP. 19700201 1995122 001

MAHASISWA  
EMILIA NUR A.S  
NRP. 3116 105 046







JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI  
JEMBATAN KALI LEGI  
MENGUNAKAN BUSUR BAJA  
DENGAN LANTAI KENDARAAN DI  
TENGAH (A HALF THROUGH ARCH)

JUDUL GAMBAR

PILAR

SKALA

1 : 150

NO

22

JMLH

22

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST, MSc, Ph.D  
NIP. 19700201 1995122 001

MAHASISWA

EMILIA NUR A.S  
NRP. 3116 105 046





Form AKV TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: ENDAH WAHYUNI ST, M.Sc, Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Emilia Nur Apriani Sutisna
NRP	: 3116105046
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN MODIFIKASI JEMBATAN KALI LEBI MENGGUNAKAN BUSUR BAJA DENGAN LANTAI KENDARAAN DITENGAH (A HALF THROUGH ARCH)
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	19-03-2018	- bidang geser pada pelat lantai disesuaikan SNI	- Selagar memanjang, melintang	ES
2.	5-04-2018	- Selagar Memanjang dan melintang dicoba dengan profil lain, cek dilihat dari berat profil & Inersia.	- Pembebanan, pemodelan SAP	ES
3.	27-04-2018	- Pembebanan angin gambar dibetulkan Luasan dicek. - plat kantilever dikontrol - pembebanan gempa dipahami.	- Rangka utama.	ES
4.	11-05-2018	- Pembebanan angin dibenarkan - Pembebanan gempa 430% 1100% 44% (sebutkan)	- Kontrol Rangka Utama	ES
5.	29-04-2018	- Dimensi lebih tipis - Cek dimensi busur agar penampang sama.	- Sambungan & perletakan	ES
6.	6-05-2018	- Cek las bagaimana.	- Pilar	ES
7.	7-06-2018	- Cek bangunan bawah jembatan.	- Gambar.	ES
8.	25-06-2018	- Cek dimensi poer dan bentuk pier head ditambah.	-	ES
9.	29-06-2018	- cek pier head apakah butuh tulangan torsi?	-	ES



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK – ITS

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN  
SEMINAR DAN LISAN  
TUGAS AKHIR**

Pada hari ini **Senin tanggal 16 Juli 2018 jam 09.00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

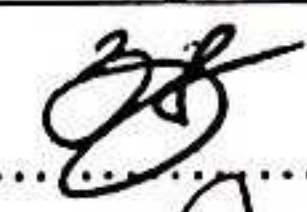

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111645000046	Emilia Nur Apriani Sutisna	Perencanaan Modifikasi Jembatan Kali Legi Menggunakan Busur Baja dengan Lantai Kendaraan di Tengah (A half Through Arch)

Dengan Hasil :

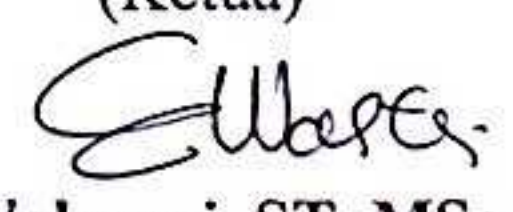
<input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

- ✓ Sambungan tipe fusi → 1/2 lendutan kecil, ikatan angin dll diubah ~~hitungannya~~ hitungannya.
- ✓ Ukuran dimensi diperbesar.
- ✓ Sambungan antara box kecil > besar diperbaiki.
- ✓ Portal akhir & AB.
- ✓ Fill plate diperbaiki + hitungannya.
- ✓ Syarat lendutan akhir jembatan di kontrol.
- ✓ Cek putus dan juga sambungannya.
- ✓ Gb 9 & 10 tidak sesuai → dibetulkan, qbr sambungan ujung ikatan angin silang.

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Prof. Ir. Priyo Suprobo, MS. PhD	
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS	

Surabaya, 16 Juli 2018  
Dosen Pembimbing I  
(Ketua)

  
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

Dosen Pembimbing 2  
(Sekretaris)

Dosen Pembimbing 3  
(Sekretaris)



## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Emilia Nur Apriani Sutisna, yang dilahirkan di Kota Sidoarjo pada tanggal 12 April 1995. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara pasangan dari Sutisna dan Ismirah.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharma Wanita Meadeng yang lulus pada tahun 2001, SDN 1 Medaeng Sidoarjo dan lulus pada tahun 2007, kemudian SMPN 1 Taman yang lulus pada tahun 2010, serta SMK Sepuluh Nopember Sidoarjo dan lulus pada tahun 2013. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan Diploma III di Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2016, dan dilanjutkan pendidikan S1 di Lintas Jalur Teknik Sipil FTSLK-ITS Surabaya terdaftar dengan NRP 3116 105 046.

Di Prodi Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil ITS penulis merupakan mahasiswa program Sarjana (S1) dengan bidang fokus struktur.

***Emilia Nur A.S (Mrs.)***  
*Civil Engineering Student*  
*Sepuluh Nopember Institute of Technology Surabaya*  
[emilianurapriani@gmail.com](mailto:emilianurapriani@gmail.com)  
(+62) 83844924021